

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**REDEFINIÇÃO E CONCEPTUALIZAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO DA LAGOA DE
ÓBIDOS**

Nuno António Lourenço Guerreiro

DISSERTAÇÃO
MESTRADO EM GEOLOGIA APLICADA
HIDROGEOLOGIA

2014

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**REDEFINIÇÃO E CONCEPTUALIZAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO DA LAGOA DE
ÓBIDOS**

Nuno António Lourenço Guerreiro

Orientadores: Professora Doutora Maria do Rosário Carvalho e Professor Doutor
Manuel Oliveira da Silva

DISSERTAÇÃO
MESTRADO EM GEOLOGIA APLICADA
HIDROGEOLOGIA

2014

Resumo

Localizada na faixa costeira da região Oeste da zona Centro de Portugal Continental, mais concretamente nos concelhos de Peniche e Óbidos, a área de estudo, designada por sistema aquífero da Lagoa de Óbidos na primeira inventariação e caracterização dos sistemas aquíferos de Portugal Continental publicada em 1997, perdeu essa classificação na edição de 2000 e constitui atualmente uma área com potencial hidrogeológico integrada na massa de água subterrânea Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste.

Tendo em conta a informação de base existente atualmente, pretendeu-se com este trabalho aprofundar o conhecimento hidrogeológico e averiguar a eventual recuperação da classificação como sistema aquífero, levando à sua definição como massa de água subterrânea. Para tal, foi efetuado um inventário hidrogeológico e várias campanhas de campo para a recolha de amostras de água subterrânea com vista à realização de análises físico-químicas e isotópicas, medição de níveis e análise das características litológicas das formações geológicas.

A área de estudo constitui um aquífero poroso, predominantemente confinado a semi-confinado, onde os grés do Cretácico inferior assumem-se como a principal formação aquífera. As características litológicas desta formação conferem a natureza multicamada ao aquífero. A recarga faz-se através da infiltração direta da precipitação e pela drenância das areias de duna, que cobrem áreas consideráveis da formação cretácica, enquanto o escoamento é efetuado em direção ao mar e à Lagoa de Óbidos.

A água subterrânea, saturada em quartzo e por vezes em calcedónia, o que sugere a circulação nos grés do Cretácico inferior, apresenta um grau de mineralização geralmente médio e pH inferior a 7, predominando o cloreto e o bicarbonato como aniões, enquanto nos catiões prevalece o sódio e, por vezes, o magnésio e/ou cálcio. Foram ainda detetadas concentrações anómalas em alguns iões que evidenciam a existência de contaminação antropogénica, principalmente na zona SW da área de estudo.

Apesar de ter uma baixa transmissividade e condutividade hidráulica, a área de estudo apresenta em alguns casos valores superiores a algumas massas de água subterrâneas da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior, nomeadamente no que respeita a: número total de captações, número de captações destinadas ao abastecimento público, densidade de captações por km², taxa de exploração e recursos renováveis anuais. Verifica-se assim que a área de estudo reúne todas as condições que permitam recuperar a sua classificação como sistema aquífero ou, de acordo com as orientações da Diretiva Quadro da Água, corresponder a uma massa de água subterrânea.

Abstract

Located on the coastal area of the Central West region of Portugal, more specifically in the municipalities of Óbidos and Peniche, the study area, designated as Lagoa de Óbidos aquifer in the first characterization of Portugal's aquifers published in 1997, lost that classification in the edition of 2000 and is currently an area with hydrogeological potential included in the groundwater body named as Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste.

According to the information available, this study pretends to increase the hydrogeological knowledge of the area and eventually recover its classification as aquifer and future definition as groundwater body. Therefore, the study included an inventory of boreholes, collection of samples for physicochemical and isotopic analysis, measurement of piezometric levels and characterization of lithological aspects of the geological formations.

The study area is a predominantly confined to semi-confined porous aquifer, where the lower Cretaceous sandstones are assumed as the main aquifer formation. Due to its lithological characteristics, this geological formation consists of a multilayer aquifer. The groundwater recharge results of precipitation and is also carried out through the sand dunes that cover some areas of the Cretaceous formation. The groundwater flow is carried out towards the sea and Óbidos lagoon.

The groundwater is saturated in quartz and sometimes in chalcedony, suggesting the circulation in the lower Cretaceous sandstones. It has a medium degree of mineralization, pH usually less than 7, chloride and bicarbonate as predominant anions and sodium and sometimes magnesium and/or calcium as cations. Anomalous concentrations were also detected in some ions that show the existence of anthropogenic contamination, especially in the SW of the study area.

Despite having a low transmissivity and hydraulic conductivity, the area has in some cases values above some other groundwater bodies formed by the lower Cretaceous sandstone, particularly with regard to: total number of abstraction points, number of abstractions for public supply, abstraction density per km², exploitation rate and annual renewable resources. It thus appears that the study area meets all conditions to reclaim its classification as aquifer or, in accordance with the guidelines of the Water Framework Directive, to be defined as a groundwater body.

Agradecimentos

Durante a realização dos trabalhos foram inúmeros os contactos efetuados com diversas instituições e pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a elaboração desta tese e, às quais, quero expressar o meu agradecimento e apreço.

Aos meus orientadores, o Professor Manuel Oliveira da Silva e a Professora Maria do Rosário Carvalho, um agradecimento especial pela amizade, apoio e paciência que tiveram ao longo deste trabalho. Quero ainda agradecer-lhes pelo facto de terem sido os primeiros a apostarem em mim após a conclusão da licenciatura, o que facilitou a minha integração no mundo do trabalho.

À Dr.^a Fátima Alves, chefe da Divisão de Recursos Hídricos Interiores da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. / Administração de Região Hidrográfica do Tejo e Oeste, um agradecimento especial pela cedência dos dados de base do inventário hidrogeológico e por me facilitar a vida sempre que necessitei de me ausentar do serviço.

À Eng.^a Catarina Canha e à Eng.^a Márcia Reis, pertencentes à Câmara Municipal de Óbidos e aos Serviços Municipalizados de Peniche, respetivamente, agradeço a cedência dos dados da qualidade da água bruta das captações destinadas ao abastecimento público, assim como o acesso a estas captações. Agradeço-lhes ainda toda a disponibilidade e interesse que demonstraram ao longo deste estudo.

Ao sr. Vasco Azenha e ao Dr. Pedro Matias, da empresa de sondagem Renato Azenha, Lda., um agradecimento especial, pois além de ter sido a única empresa de sondagem que se disponibilizou a ceder os dados dos ensaios de caudal, sempre demonstraram uma enorme disponibilidade em esclarecer qualquer dúvida associada aos dados disponibilizados.

Ao Eng. Duarte Beltrão e ao Dr. Francisco Cadete, das empresas Golf Bom Sucesso - Exploração de Equipamentos Desportivos, S.A. e Golfbéltico - Gestão e Exploração de Campos de Golfe, S.A., respetivamente, agradeço o interesse demonstrado no estudo e por facultarem o acesso às diversas captações existentes na área de estudo.

Às restantes pessoas que facultaram o acesso às suas captações um agradecimento muito especial, pois não foi nada fácil encontrar proprietários de captações que compreendessem a natureza e o objetivo deste estudo.

Ao Professor Rui Taborda da FCUL, agradeço o esclarecimento de dúvidas relacionadas com a utilização de *software* para a elaboração de perfis geológicos a partir dos *logs* existentes nos relatórios de sondagem.

À Doutora Paula Carreira Paquete, agradeço a cedência de bibliografia sobre isótopos e a disponibilidade e paciência em esclarecer prontamente várias dúvidas sobre esta temática.

Ao Doutor Manuel Oliveira do LNEC, agradeço a cedência de informação sobre a recarga da massa de água subterrânea Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste.

Aos meus colegas da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. / Administração de Região Hidrográfica do Tejo e Oeste, especialmente o “pessoal da marmita”, um agradecimento especial

pelos momentos brincalhões que proporcionaram, ajudando a descontrair mesmo em alturas em que brincar era a última coisa que apetecia.

Aos meus amigos, Ana Margarida, Daniela, Sílvia, Rui, André e aF um enormíssimo obrigado por todos os momentos partilhados, desde a faculdade até aos dias de hoje, desde os almoços de três horas e 40 pudins no chinês de Telheiras até às conquilhas na esplanada do papá António, desde os fins-de-semana na Consolação até aos escorregas do Slide & Splash, desde a passagem de ano no cimo da Serra da Arrábida até às praias de Maiorca...enfim, um muito obrigado por toda a amizade, alegria, divertimento e companheirismo.

Por último, mas porque estão sempre em primeiro, não podia deixar de agradecer à família. A estas pessoas estarei eternamente agradecido.

Ao papá António, um agradecimento impossível de quantificar, onde o amor, amizade e os ensinamentos transmitidos transformaram um “diabinho” numa pessoa melhor e bem preparada para as dificuldades da vida.

À mana Dulce e ao mano Tiago um obrigado do “tamanho da nossa cabeça” pelo simples facto de existirem. Não consigo imaginar a vida sem as nossas guerras e os nossos momentos ternurentos, embora não me consiga lembrar de nenhum! Apesar da vida já nos ter pregado muitas partidas, a nossa união e amor transpor todo e qualquer obstáculo. Estamos cá para durar...

À mana Dulce quero ainda agradecer o facto de me ter obrigado a estudar e concorrer à faculdade, mesmo quando eu já pensava que começar o dia a fazer uma betoneira de massa seria o meu futuro, e de me ter dado um teto quando aterrei em Lisboa para procurar um futuro melhor.

À Fernanda e ao Mário, tios, padrinhos e, acima de tudo, amigos, um agradecimento muito muito especial, pois deram-me tudo o que podiam dar ao longo destes anos todos, incluindo muitos puxões de orelhas! Mesmo não podendo, quiserem ir sempre mais além e até pagaram parte da licenciatura.

À Zélia e ao Luís, ou D. Zélia e Sr. Luís, porque o respeitinho é bonito e eles merecem, não consigo expressar o meu agradecimento por tudo aquilo que me deram até aos dias de hoje. Receberam-me em casa deles de braços abertos, deram-me teto durante quatro anos e sempre me trataram como o filho que não tiveram, mesmo quando o meu insaciável apetite esvaziava despensa, frigorífico, bar ou qualquer outro local onde existisse comida.

Para último deixo a Ana ou então Rodrigues, como eu gosto de lhe chamar. Em boa hora “lutei” por te conquistar, pois ganhei muito mais do que alguma vez imaginei. A tua chegada à minha vida foi como a luz ao fundo do túnel ou como ter encontrado a estrela do norte, pois deixei de andar à deriva para passar a ter um rumo, um objetivo. Melhoraste todos os aspetos da minha pessoa, partilhámos momentos inesquecíveis, ajudaste-me e estiveste sempre ao meu lado em todos os momentos menos bons. Esta tese tem a tua marca, a tua dedicação, a tua inteligência e perseverança, pois sem ti não tinha sido concluída e não tinha escrito estas palavras. Perdoa-me mas não te posso dedicar esta tese, embora merecesses, pois há outra grande mulher a marcar a minha vida. Obrigado por todo o amor e felicidade que partilhamos.

**À mamã Manuela,
que partiu cedo demais...**

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO	4
2.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO	4
2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	6
2.2.1 Enquadramento regional	6
2.2.2 Litostratigrafia	7
2.2.3 Litologia	7
2.2.4 Modelo geológico.....	13
2.2 ENQUADRAMENTO TECTÓNICO	17
2.3 GEOMORFOLOGIA	21
3. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO E RECOLHA DE DADOS DE CAMPO	24
4. HIDROGEOLOGIA.....	28
4.1 CARATERIZAÇÃO GERAL	28
4.2 PIEZOMETRIA E SENTIDOS DE ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO	32
4.3 PARÂMETROS HIDRÁULICOS E PRODUTIVIDADE.....	35
4.3.1 Produtividade	35
4.3.2 Determinação de parâmetros hidráulicos.....	38
5. HIDROQUÍMICA	42
5.1 RESULTADOS	42
5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	47
5.3 ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS.....	51
5.4 FÁCIES HIDROQUÍMICA.....	53
5.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	55
5.6 EQUILÍBRIO ÁGUA-ROCHA.....	57
6. ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE O E H	61
6.1 CONSIDERAÇÕES GENÉRICAS	61
6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
7. COMPARAÇÃO COM MASSAS DE ÁGUA CRETÁICAS.....	71
7.1 INTRODUÇÃO	71
7.2 PRODUTIVIDADE	74
7.3 TRANSMISSIVIDADE	75
7.4 IMPORTÂNCIA	77

8. CONCLUSÃO	81
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	88
ANEXO I – INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO.....	88
ANEXO II – HISTÓRICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS SM DE PENICHE.....	96
ANEXO II – HISTÓRICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CM ÓBIDOS.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do contraste entre a ocupação humana na área em estudo em 1995 e 2012 (ortofotomapas do IGP de 1995 e imagem de satélite obtida através do <i>ArcGIS Online</i>).....	2
Figura 2 – Enquadramento geográfico da área de estudo (adaptada de DGT, 2013).	4
Figura 3 – Localização da área de estudo sobre as Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000.	5
Figura 4 – Geologia simplificada da Bacia Lusitânica (informação geológica à escala 1:500 000 adaptada do Atlas do Ambiente).	6
Figura 5 – Enquadramento geológico da área em estudo sobre as Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).	8
Figura 6 – Alternância de níveis areníticos finos com níveis mais grosseiros ou mesmos conglomeráticos junto do vértice geodésico de Cabeço da Serra (fotografia da esquerda) e na praia do Rei Cortiço (fotografia da direita).	10
Figura 7 – Existência de cores mais escuras na base do complexo Cretácico, identificadas durante as campanhas de campo na Praia do Gronho (fotografia da esquerda) e entre a Praia D’EL Rei e a praia da Almagreira, já fora da área de estudo Rei Cortiço (fotografia da direita).	11
Figura 8 – Nível conglomerático com vários clastos de quartzito, metaquartzito de cor preta e outros (fotografia da esquerda); pormenor dos clastos de quartzito e xisto num afloramento junto do vértice geodésico de Cabeço da Serra (fotografia da direita).....	11
Figura 9 – Níveis silteosos junto do vértice geodésico de Cabeço da Serra (fotografia da direita); Espesso nível de lignite junto da praia do Rei Cortiço (fotografia da direita).....	12
Figura 10 – Aspeto do topo do Jurássico superior na estrada de acesso à Poça do Vau (fotografia da esquerda); pormenor das características do Jurássico superior existente no referido afloramento (fotografia da direita).	12
Figura 11 – Localização dos perfis geológicos e das captações utilizadas para a sua elaboração, sobre as Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).	14
Figura 12 – Perfil geológico, de direção geral W-E, entre a Aldeia das Caravelhas, junto ao sítio da Praia D’EL Rei, e a Lagoa de Óbidos.	15
Figura 13 – Perfil geológico, de direção geral WSW-ENE, entre a praia da Cova da Areia e a Lagoa de Óbidos.	15
Figura 14 – Perfil geológico, de direção geral SW-NE, entre a praia do sítio da Praia D’EL Rei e a praia da Cova da Areia.	16

Figura 15 – Perfil geológico, de direção geral NNW-SSE, entre a praia do sítio da Praia D’EL Rei e o sítio de Talhos da Charneca.	16
Figura 16 – Enquadramento da área em estudo na Carta Neotectónica de Portugal Continental (adaptada de Cabral 1995).	17
Figura 17 – Interpretação inicial para formação do vale tifónico das Caldas da Rainha (extraído de Zbyszewski, 1959).	18
Figura 18 – Os dois modelos considerados para a formação dos vales tifónicos na Bacia Lusitânica (extraído de Cabral, 1995).	19
Figura 19 – Inclinação mais acentuada das camadas no flanco Norte, junto à escarpa do Gronho; inclinações suaves no flanco Sul, entre a Praia D’EL Rei e a praia da Almagreira.	20
Figura 20 – Pequenas falhas identificadas ao longo da arriba junto da Cova da Arreia.	20
Figura 21 – Modelo digital de terreno da região envolvente à área de estudo (adaptada a partir da informação altimétrica das Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000).	21
Figura 22 – Complexo dunar no estado natural (à esquerda) e mascarado com ocupação humana (à direita), junto da praia do Rei Cortiço e Cova da Areia, respetivamente.	22
Figura 23 – Modelo digital de terreno da área de estudo (adaptada a partir da informação altimétrica das Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000).	23
Figura 24 – Inventário de captações de água subterrânea sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).	24
Figura 25 – Localização das captações com informação, sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).	25
Figura 26 – Captações escolhidas para as campanhas de campo, sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).	26
Figura 27 – Instrumentos utilizados nas campanhas de campo: à esquerda a sonda de nível utilizada para a medição dos níveis hidrostáticos e à direita os aparelhos para medição da condutividade elétrica, potencial redox, pH e temperatura.	27
Figura 28 – Enquadramento hidrogeológico da área de estudo (adaptada de APA, 2013).	28
Figura 29 – Arenitos de cores avermelhadas e acastanhadas na base do Cretácico num afloramento entre a Praia d’EL Rei e a praia da Almagreira.	29
Figura 30 – Recarga da área de estudo, considerando os resultados obtidos pela aplicação modelo BALSEQ_MOD para a massa de água subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste (informação cedida pela APA / ARH Tejo e Oeste).	30
Figura 31 – Escorrência superficial junto do sítio da Fincha Grande e uma lagoa localizada junto do caminho para a praia do Rei Cortiço.	31
Figura 32 – Profundidade do nível piezométrico, sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).	32
Figura 33 – Distribuição temporal das medições do NHE utilizadas para a elaboração da carta piezométrica.	33
Figura 34 – Superfície piezométrica gerada com o método <i>Kriging</i> , utilizando os dados relativos à cota do NHE existentes nas captações inventariadas.	33

Figura 35 – Relação entre o caudal de exploração e a profundidade da captação.	36
Figura 36 – Relação entre o caudal de exploração e o comprimento dos ralos.	36
Figura 37 – Distribuição espacial dos caudais (adaptada de Camarate França <i>et al.</i> , 1960; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960 e APA / ARH Tejo e Oeste).	37
Figura 38 – Diagrama de Piper para as amostras recolhidas na área de estudo, elaborado com o programa AquaChem.	53
Figura 39 – Diagramas de Stiff para as amostras recolhidas na área de estudo, elaborado com o programa AquaChem.	54
Figura 40 – Clasto de jaspe identificado num afloramento junto da captação ID17(RA7).	60
Figura 41 – Ilustração da espacialização do fracionamento isotópico do ^{18}O e ^2H e dos processos que o influenciam (adaptado de Ferreira, 2008).	62
Figura 42 – GWML definida por Harmom Craig através da análise de várias centenas de amostras de águas de precipitação, rios e lagos em todo o mundo (retirado de Craig, 1961).	63
Figura 43 – Distribuição espacial das razões isotópicas $\delta^{18}\text{O}$ das amostras analisadas (valores em ‰ em relação a VSMOW).	65
Figura 44 – Distribuição espacial das razões isotópicas $\delta^2\text{H}$ das amostras analisadas (valores em ‰ em relação a VSMOW).	65
Figura 45 – Projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em função das cotas altimétricas dos pontos amostrados.	66
Figura 46 – Projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função das cotas altimétricas dos pontos amostrados.	66
Figura 47 – Projeção de $\delta^2\text{H}$ em função de $\delta^{18}\text{O}$, considerando ainda a GMWL e a reta meteórica de Portugal Continental.	67
Figura 48 – Projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em função da condutividade elétrica.	68
Figura 49 – Projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função da condutividade elétrica.	68
Figura 50 – Projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em função da concentração em cloretos.	69
Figura 51 – Projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função da concentração em cloretos.	69
Figura 52 – Massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.	72
Figura 53 – Representação do valor da mediana do caudal de exploração da área de estudo relativamente às restantes massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 19).	74
Figura 54 – Representação do valor da média do caudal de exploração da área de estudo relativamente às restantes massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 19).	75
Figura 55 – Representação do valor da mediana da transmissividade da área de estudo relativamente às restantes massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 20).	76
Figura 56 – Número de captações destinadas ao abastecimento público existentes na área de estudo e o nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).	77
Figura 57 – Número total de captações existentes na área de estudo e o nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).	79

Figura 58 – Densidade de captações por km ² na área de estudo e nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).	79
Figura 59 – Volume total captado na área de estudo e nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).	80
Figura 60 – Comparação entre a recarga e os volume total captados na área de estudo e nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).	80

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Litostratigrafia da área de estudo (adaptado de Camarate França <i>et al.</i> , 1960 e Zbyszewski e Almeida, 1960).	9
Quadro 2 – Caudal de exploração por captação.	35
Quadro 3 – Principais estatísticas da produtividade.	36
Quadro 4 – Valores de transmissividade obtidos com recurso ao programa <i>Pumptest</i> (Almeida, 2005).	39
Quadro 5 – Caudal de exploração por captação.	39
Quadro 6 – Principais estatísticas do caudal específico, transmissividade e condutividade hidráulica.	40
Quadro 7 – Parâmetros obtidos durante as campanhas de campo.	42
Quadro 8 – Resultados obtidos em laboratório para a Alcalinidade total, Mineralização total e Sílica dissolvida.	44
Quadro 9 – Resultados obtidos em laboratório para aniões.	45
Quadro 10 – Resultados obtidos em laboratório para catiões e valor do erro de balanço da análise.	46
Quadro 11 – Estatísticas descritivas dos resultados analíticos obtidos.	47
Quadro 12 – Matriz de correlações entre aniões, catiões, pH, condutividade elétrica e sílica.	49
Quadro 13 – Índices hidrogeoquímicos calculados para as amostras recolhidas na área de estudo.	51
Quadro 14 – Parâmetros que excedem o VMA e VMR, de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, com base em dados históricos da qualidade da água cedidos pela CM Óbidos e SM Peniche.	56
Quadro 15 – Parâmetros que excedem os VMA e VMR, de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, nas amostras recolhidas neste estudo.	56
Quadro 16 – Logaritmo dos Índices de Saturação calculados para as amostras recolhidas na área de estudo.	59
Quadro 17 – Valores relativos às razões isotópicas do $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ e ao excesso de deutério (d).	64
Quadro 18 – Massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (adaptado de snirh.pt).	73
Quadro 19 – Principais estatísticas da produtividade na área de estudo e nas massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.	74
Quadro 20 – Principais estatísticas da transmissividade da área de estudo e das massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.	76

Quadro 21 – Inventário do n.º de captações, volume captado e densidade de captações por km ² na área de estudo e nas massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.	78
--	----

1. INTRODUÇÃO

Na primeira inventariação e caracterização dos sistemas aquíferos de Portugal Continental, publicada em 1997 (INAG, 1997), foi identificado, nos concelhos de Óbidos e Peniche, um sistema aquífero denominado Lagoa de Óbidos. Contudo, na edição de 2000 (Almeida *et al.*, 2000), esta área foi excluída da listagem de sistemas aquíferos que constituíam a Unidade Hidrogeológica da Orla Ocidental.

Apesar desta exclusão, o Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste, de 2001 (DRAOT-LVT, 2001), identificou-a como sistema aquífero, uma vez que considerou a inventariação efetuada em INAG (1997). Por outro lado, o Plano de Bacia Hidrográfica das Bacias das Ribeiras do Oeste, de 2011 (ARH Tejo, 2011), integrado no Plano de Gestão da Região Hidrográfica 4 (Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste), considerou esta área como área com potencial hidrogeológico, uma vez que já tinha sido considerada como sistema aquífero em 1997 e por ser formada pelos grés do Cretácico inferior, sendo estes uma das principais unidades aquíferas das várias massas de água subterrânea da Orla Ocidental, delimitadas no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água (Diretiva n.º 2000/60/CEE, de 23 de outubro).

À data da elaboração dos estudos de inventariação e caracterização dos sistemas aquíferos, a área ocupada pelo sistema aquífero da Lagoa de Óbidos era praticamente desprovida de ocupação humana e consequentemente, os dados existentes e que possibilitariam uma correta e completa caracterização do sistema eram diminutos ou mesmo inexistentes. Assim se explica que em INAG (1997) tenham sido utilizados apenas dados de 4 captações, pelo que a caracterização de parâmetros hidráulicos e caudais é bastante reduzida, enquanto a avaliação da qualidade da água subterrânea é inexistente.

Na última década tem-se assistido à proliferação de captações de água subterrânea nesta área, consequência do incremento significativo da ocupação humana, na maior parte dos casos, associado a empreendimentos turísticos, urbanizações, campos de golfe e à agricultura (Figura 1). Na área mais a N é bem notória a diferença entre a ocupação humana existente em 1995 e 2012, marcada quer pela proliferação de urbanizações junto à margem esquerda da Lagoa de Óbidos quer pela construção de campos de golfe e hotéis mais para o interior da área de estudo. Na zona mais a S, o contraste da ocupação humana entre os referidos anos é ainda mais marcante, pois devido à existência de uma topografia mais plana, a construção de urbanizações, campos de golfe e hotéis foi mais intensa, levando mesmo ao seu prolongamento até junto das arribas e praias.

Como tal, com o aumento quer da pressão nos recursos hídricos subterrâneos quer da informação de base, nomeadamente relatórios de sondagem e análises à qualidade da água bruta, consequência do elevado número de captações ali construídas, considerou-se importante aprofundar o conhecimento hidrogeológico de uma área constituída por formações geológicas com uma estrutura vertical e lateral complexa, que normalmente possuem boas aptidões aquíferas.



Figura 1 – Representação do contraste entre a ocupação humana na área em estudo em 1995 e 2012 (ortofotomapas do IGP de 1995 e imagem de satélite obtida através do *ArcGIS Online*).

Para uma melhor esquematização dos trabalhos efetuados com vista a alcançar os objetivos propostos, o estudo foi organizado em sete capítulos.

Assim, após um primeiro capítulo introdutório, é apresentado um capítulo de caracterização da área de estudo do ponto de vista geográfico, geológico, tectónico e geomorfológico. Neste capítulo é dada especial ênfase à caracterização litológica das formações geológicas e das principais estruturas tectónicas aqui existentes, devido à importância de ambas na definição do modelo conceptual hidrogeológico.

Segue-se um capítulo que descreve as tarefas efetuadas na realização do inventário hidrogeológico e dos trabalhos de campo realizados. Aqui são indicadas as várias entidades contactadas e o tratamento da informação recolhida, assim como o número de campanhas de campo realizadas e os trabalhos desenvolvidos em cada uma destas.

O Capítulo 4 trata da hidrogeologia da área de estudo, sendo constituído:

- Por uma caracterização geral, apoiada nos estudos já existentes (INAG, 1997 e DRAOT-LVT, 2001) e na interpretação dos dados recolhidos, nomeadamente a descrição litológica das formações geológicas e os relatórios de sondagem das captações inventariadas;
- Pela elaboração de uma superfície piezométrica, através dos dados do inventário hidrogeológico e campanhas de campo, possibilitando assim a definição das principais direções do escoamento subterrâneo;
- Pela definição de parâmetros hidráulicos e produtividades, recorrendo à análise de ensaios de bombagem realizados aquando da construção de alguns dos furos inventariados, assim como a técnicas estatísticas.

No capítulo 5 é feita a caracterização hidroquímica da água subterrânea, através da análise dos resultados obtidos nas campanhas de campo, em laboratório, das fácies hidroquímicas, da avaliação da qualidade da água para consumo humano, de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, e do equilíbrio água-rocha. O estudo dos equilíbrios água-rocha foi realizado através do programa automático *PHREEQC*.

A análise dos isótopos estáveis de oxigénio e hidrogénio foi efetuada no capítulo 6. Este capítulo tem início com algumas considerações teóricas sobre esta temática, sendo posteriormente efetuada uma análise dos resultados obtidos, de forma a perceber a sua distribuição espacial e se existe evidências de intrusão salina.

O capítulo 7 é destinado a comparar a formação Cretácica da área de estudo com massas de água subterrânea cujo suporte ou principal formação aquífera são os grés do Cretácico inferior, definidas em Almeida *et al.* (2000), permitindo assim perceber se esta área deveria recuperar a designação de sistema aquífero, levando à sua definição como massa de água subterrânea. Esta análise incide principalmente sobre a comparação de parâmetros hidráulicos e de produtividades, assim como na importância da mesma, como origem de água para o abastecimento público, agricultura e rega de campos de golfe e outros espaços verdes.

O capítulo final tem por objetivo sintetizar todas as considerações e conclusões que assumem maior relevância em cada capítulo.

2. ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

A área de estudo, com cerca de 34,9km² (DRAOT-LVT, 2001), localiza-se nos concelhos de Óbidos e Peniche, mais concretamente nas freguesias de Vau, Amoreira e Olho Marinho, pertencentes ao concelho de Óbidos, e Ferrel, Atouguia da Baleia e Serra d'El Rei localizadas no concelho de Peniche (Figura 2).

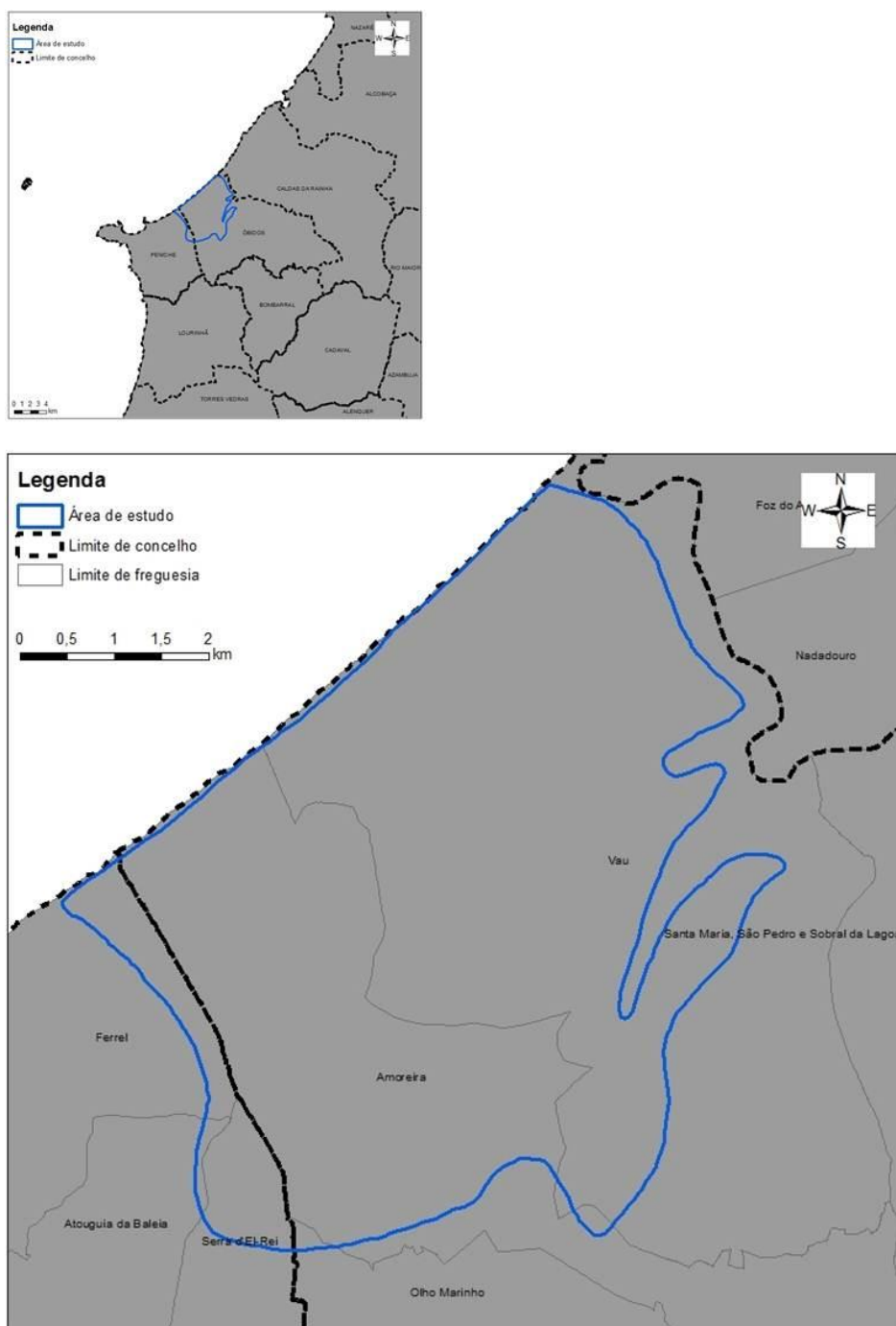


Figura 2 – Enquadramento geográfico da área de estudo (adaptada de DGT, 2013).

Refere-se ainda que a área de estudo abrange parte das Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 (Figura 3).



Figura 3 – Localização da área de estudo sobre as Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000.

2.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

2.2.1 ENQUADRAMENTO REGIONAL

A área de estudo localiza-se na Orla Mesocenozóica Ocidental, mais concretamente na Bacia Lusitânica (Figura 4).

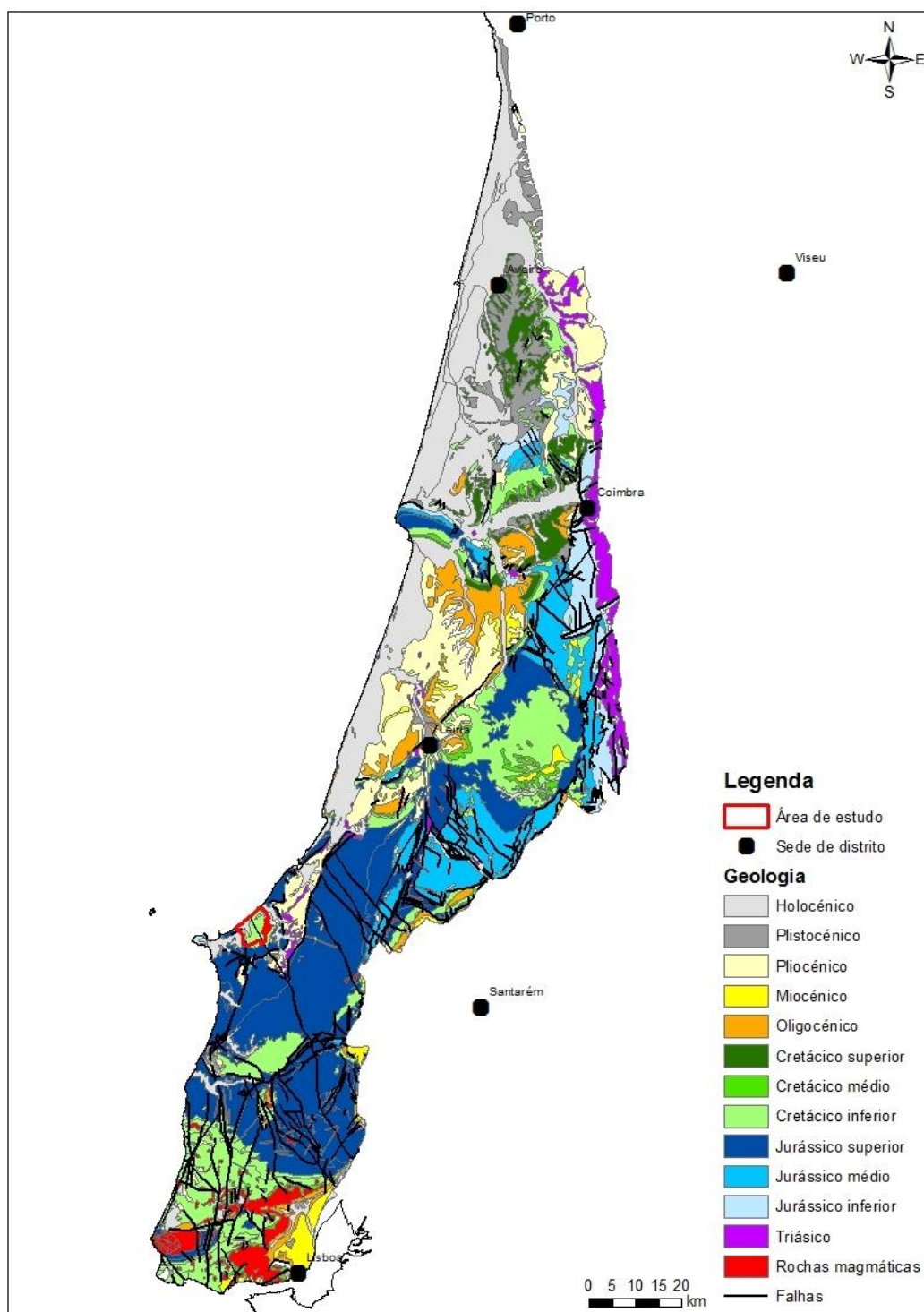


Figura 4 – Geologia simplificada da Bacia Lusitânica (informação geológica à escala 1:500 000 adaptada do Atlas do Ambiente).

A Bacia Lusitânica, localizada na Margem Ocidental Ibérica, é uma bacia sedimentar distensiva que se desenvolveu durante parte do Mesozóico, apresentando uma dinâmica que se enquadra no contexto da abertura do Atlântico Norte (Kullberg *et al.*, 2006).

Esta Bacia apresenta uma forma alongada e uma orientação geral NNE-SSW. As formações que a constituem apresentam uma espessura variável, com cerca de 5km na sua parte axial (Ribeiro *et al.*, 1979), assentando sobre as unidades da Zona de Ossa Morena e possivelmente sobre a Zona Sul Portuguesa (Dias & Ribeiro *in* Kullberg *et al.*, 2006). A bacia sedimentar é individualizada: a E pelo Maciço Hespérico através de contacto pela falha Porto-Coimbra-Tomar; a S pelo ramo desta mesma fratura, com direção NNE, que se estende até ao canhão de Setúbal; a W por um *horst* hercínico, atualmente materializado pelo arquipélago das Berlengas (Almeida *et al.*, 2000).

Os materiais que preenchem a Bacia Lusitânica provêm do Maciço Antigo, a E, mas também de uma antiga área continental, a Oeste, representada atualmente apenas pelas pequenas ilhas das Berlengas e Farilhões (Ribeiro *et al.*, 1979; Kullberg *et al.*, 2006). De uma maneira geral, pode dizer-se que as rochas detríticas mais ou menos grosseiras predominam na base do Mesozóico, no Cretácico e no Cenozóico. As argilas e margas, com intercalações gresosas, são frequentes no Jurássico superior. Os calcários mais espessos pertencem ao Jurássico médio e constituem a ossatura de alguns dos principais relevos desta zona do país, como é o exemplo do Maciço Calcário Estremenho.

As repetidas alternâncias de sedimentação grosseira e fina, grande parte de natureza continental, e as variações laterais de fácies e espessura, verificadas nas formações geológicas aqui existentes, poderão ser uma consequência quer das sucessivas oscilações do nível do mar quer das diversas deformações tectónicas das áreas continentais. Segundo Ribeiro *et al.* (1979), o estilo tectónico na Bacia Lusitânica é caracterizado pela presença de famílias de acidentes de direções variadas que correspondem, em parte, ao rejogo de fraturas tardi-hercínicas (orientações NNE-SSW, ENE-SSW e NW-SE).

2.2.2 LITOSTRATIGRAFIA

A área de estudo está representada sobre as Folhas 26-C (Peniche) e 26-D (Caldas da Rainha) da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:50 000 (Figura 5). De acordo com esta cartografia, a área de estudo é constituída por formações de idades compreendidas entre o Cretácico e o Holocénico (Quadro 1). Subjacente a estas formações encontra-se o Jurássico superior que, apesar de apenas aflorar na área envolvente, será considerado na descrição litológica, uma vez que constitui o substrato da área de estudo.

2.2.3 LITOLOGIA

A descrição das formações geológicas existentes na área em estudo será baseada nas Notícias Explicativas das cartas geológicas já mencionadas, em bibliografia específica sobre a área de estudo e nas várias campanhas de campo.

Importa referir ainda que, tendo em conta que o complexo gresoso do Cretácico é a principal formação geológica a estudar do ponto de vista hidrogeológico, considera-se importante que a sua descrição geológica seja mais pormenorizada relativamente às restantes formações, de forma a compreender a sequência litológica e as suas implicações no modelo hidrogeológico.

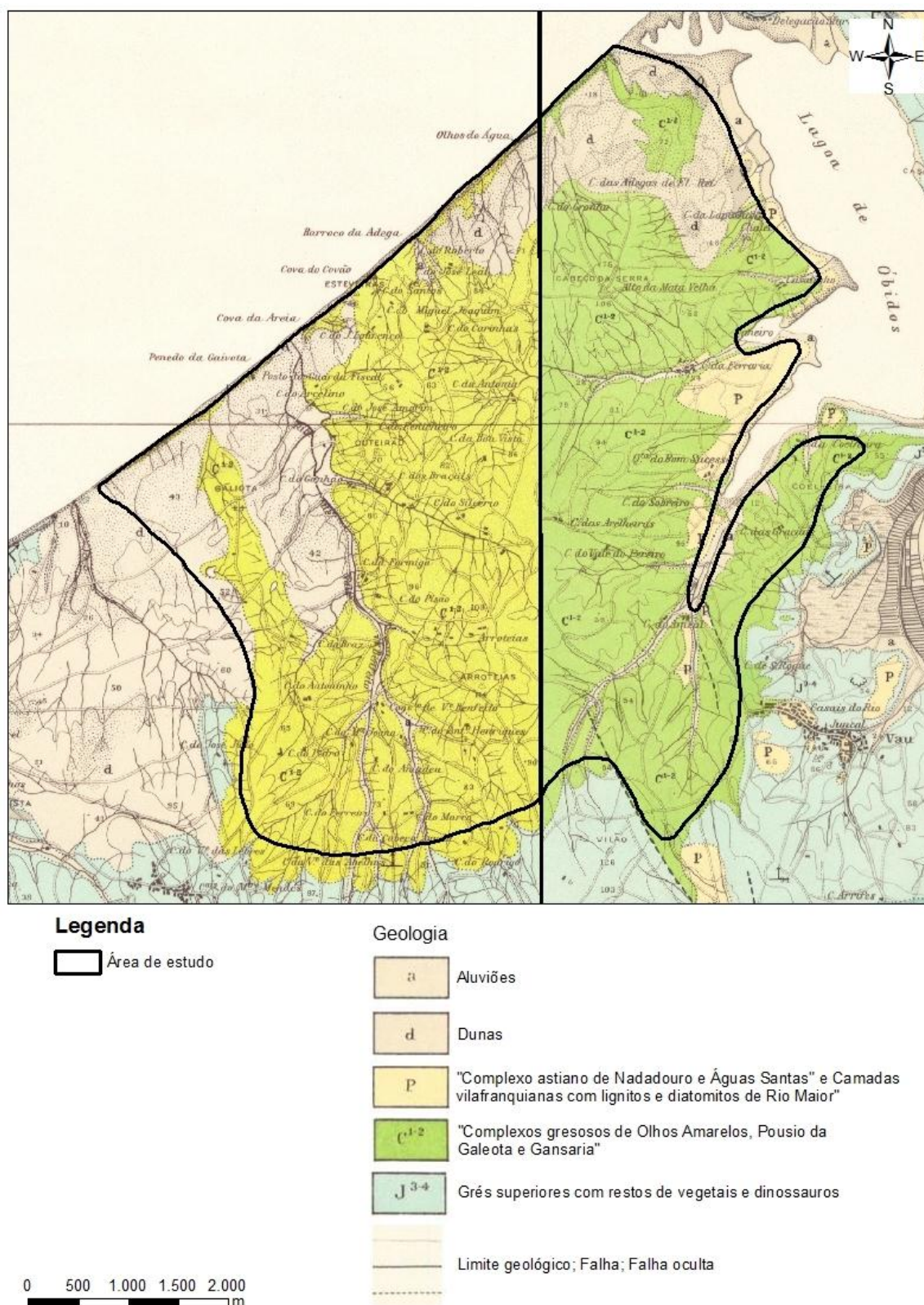


Figura 5 – Enquadramento geológico da área em estudo sobre as Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Quadro 1 – Litostratigrafia da área de estudo (adaptado de Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Almeida, 1960).

Sistema	Série	Unidades
Quaternário	Holocénico	a – Aluviões
		d - Dunas
		A – Areias de praia
Neogénico	Pliocénico	P – " <i>Complexo astiano de Nadadouro e Águas Santas</i> " e Camadas vilafranquianas com lignitos e diatomitos de Rio Maior"
Cretácico	Inferior	C ¹⁻² – " <i>Complexos gresosos de Olhos Amarelos, Pousio da Galeota e Gansaria</i> "
Jurássico	Superior	J ³⁻⁴ – Grés superiores com restos de vegetais e dinossauros

Holocénico

a – Aluviões

As aluviões existentes na área de estudo constituem o preenchimento de vales, geralmente associados às principais linhas de água, designadamente as ribeiras do Vale Benfeito e das Ferrarias e a vala do Ameal, assim como antigos braços de mar (Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Estes depósitos, com espessuras variáveis, são geralmente arenosos, consequência da erosão das formações cretácicas e jurássicas que os circundam, podendo ainda apresentar cascalheiras (Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

d - Dunas

A área entre Ferrel e o Vale Benfeito é marcada pela existência de uma extensa cobertura dunar, podendo atingir cerca 6km² (Henriques, 1996) e constituída, de um modo geral, por dunas parabólicas (Cabral, 1981 *in* Penacho, 2012).

Esta cobertura dunar, com espessuras muito variadas, podendo atingir os 3 metros (Henriques, 1996), assenta geralmente sobre o Cretácico e são constituídas exclusivamente por areias de calibre médio e na generalidade bem calibradas (Freitas, 1989).

A – Areias de praia

Estes depósitos, existentes apenas numa estreita faixa entre a arriba e o oceano, são constituídos por areias, de um modo geral finas e bem calibradas, podendo ainda, localmente, observar-se algumas cascalheiras (Penacho, 2012).

Pliocénico

P – "*Complexo astiano de Nadadouro e Águas Santas*" e Camadas vilafranquianas com lignitos e diatomitos de Rio Maior"

Na área de estudo, esta formação encontram-se apenas em pequenos retalhos, principalmente junto da Lagoa de Óbidos, contudo, do ponto de vista regional ocupa grandes áreas, sendo a responsável pelo preenchimento do vale tifónico das Caldas da Rainha, localizado a NE.

Regionalmente são constituídas por areias e arenitos por vezes ferruginosos, com calhaus rolados e lentículas de argilas, por vezes cobertas por camadas arenosas intercaladas com cascalheiras (Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960; Ribeiro, 1979 *in* Freitas, 1989).

O Pliocénico existente na área de estudo é constituído por areias médias e grosseiras, bem calibradas (Freitas, 1989), de cores acinzentadas a amareladas, apresentando ainda níveis de matéria orgânica.

Cretácico inferior

C¹⁻² – "Complexos gresosos de Olhos Amarelos, Pousio da Galeota e Gansaria"

Constitui a principal formação geológica da área de estudo, podendo atingir espessuras da ordem dos 250 metros (INAG, 1997), sendo esta deduzida com base na consulta de relatórios de sondagem de captações de água subterrânea existentes na área de estudo.

De um modo geral, trata-se de uma formação geológica muito heterógena, constituída por arenitos feldspáticos e caulíniferos, finos a grosseiros (Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960). De acordo com Rey e Dinis (2004), os níveis mais finos por vezes podem apresentar uma grande compactação devido à cimentação ocorrida.

Segundo Rey & Dinis (2004), a alternância de níveis de arenitos finos com arenitos grosseiros ou mesmo conglomeráticos é comum em toda a sequência cretácica aqui existente, tendo sido possível durante as campanhas de campo observar este facto quer junto ao litoral quer mais para o interior da área de estudo (Figura 6).



Figura 6 – Alternância de níveis areníticos finos com níveis mais grosseiros ou mesmos conglomeráticos junto do vértice geodésico de Cabeço da Serra (fotografia da esquerda) e na praia do Rei Cortiço (fotografia da direita).

Este complexo gresoso apresenta, de um modo geral, cores esbranquiçadas, acinzentadas ou amareladas/alaranjadas (Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960). Através da consulta dos relatórios de sondagem constatou-se, especialmente na base do complexo, a existência de cores mais escuras, nomeadamente avermelhadas e acastanhadas. Durante as campanhas de campo identificaram-se alguns locais onde é possível observar estes níveis com cores mais escuras, nomeadamente nos extremos NE e SW da área de estudo junto ao mar (Figura 7).



Figura 7 – Existência de cores mais escuras na base do complexo Cretácico, identificadas durante as campanhas de campo na Praia do Gronho (fotografia da esquerda) e entre a Praia D'EL Rei e a praia da Almagreira, já fora da área de estudo Rei Cortiço (fotografia da direita).

Nos níveis mais grosseiros, por vezes conglomeráticos, é frequente encontrar clastos de quartzo, quartzito, lidito, pegmatitos, xistos, metaquartzitos pretos e metagrauvaques (Freitas, 1989; Rey & Dinis, 2004) (Figura 8), podendo apresentar dimensões máximas da ordem dos 20-30cm (Rey & Dinis, 2004).

Segundo Kullberg *et al.* (2006), durante o Cretácico as principais fontes de alimentação dos sedimentos clásticos são o Maciço Antigo (a Este) e o maciço granito-gnáissico das berlengas (a Oeste). Contudo, importa salientar que durante as várias campanhas de campo não identificámos na área de estudo clastos que correspondessem às litologias existentes no maciço das berlengas.



Figura 8 – Nível conglomerático com vários clastos de quartzito, metaquartzito de cor preta e outros (fotografia da esquerda); pormenor dos clastos de quartzito e xisto num afloramento junto do vértice geodésico de Cabeço da Serra (fotografia da direita).

Ainda relativamente ao complexo gresoso Cretácico, importa referir a existência de intercalações argilosas e siltosas, de cores acinzentadas e arroxeadas, assim como níveis de matéria orgânica. No que respeita às intercalações argilosas, segundo os relatórios de sondagem consultados é possível identificar inúmeros níveis argilosos, por vezes com espessuras consideráveis (superiores a 20 metros) e com alguma continuidade lateral.

Relativamente às intercalações siltosas e aos níveis de matéria orgânica, durante as campanhas de campo identificámos em alguns locais níveis com espessuras da ordem de 1-2 metros, contudo sem grande continuidade lateral (Figura 9).



Figura 9 – Níveis siltosos junto do vértice geodésico de Cabeço da Serra (fotografia da direita); Espesso nível de lignite junto da praia do Rei Cortiço (fotografia da direita).

Jurássico superior

J³⁻⁴ – Grés superiores com restos de vegetais e dinossauros

Tal como já anteriormente referido, esta formação não aflora na área de estudo, contudo, como constitui o substrato do sistema aquífero aqui existente, considerou-se importante a sua descrição, principalmente do seu topo.

De um modo geral, é constituída por um complexo de grés argilosos com intercalações de argilas e margas, podendo ainda a parecer alguns leitos conglomeráticos, sendo ainda frequente os restos de vegetais e dinossauros (Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

O topo desta formação é constituído por conglomerados e arenitos vermelhos e amarelos (Figura 10), com cimento ferruginoso (Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960). O contacto entre esta formação e o Cretácico é materializado por um nível de paleossolo, contudo, não é completamente perceptível em campo (Bernardes, 1992).



Figura 10 – Aspeto do topo do Jurássico superior na estrada de acesso à Poça do Vau (fotografia da esquerda); pormenor das características do Jurássico superior existente no referido afloramento (fotografia da direita).

2.2.4 MODELO GEOLÓGICO

Tendo em conta a existência de várias intercalações de níveis areníticos com níveis argilosos e siltosos e as implicações que esta alternância tem no modelo hidrogeológico, considerou-se importante a individualização em profundidade das camadas aquíferas e das camadas que deverão assumir um papel de aquitardo.

Assim e tendo em conta os *logs* de sondagem das captações, foram definidos dois complexos, designadamente o complexo gresoso e o complexo argiloso. A necessidade da definição destes complexos está diretamente associada à existência, em várias captações, de uma elevada alternância de grés com argilas. Assim, considerou-se complexo gresoso quando as camadas de grés tinham uma espessura maior e complexo argiloso quando se verificava o contrário.

Para a elaboração dos perfis foi utilizado o *Programa RockWorks 16*, tendo por base os *logs* de sondagem das captações indicadas na figura seguinte (Figura 11). Apesar de existirem mais captações com *logs* de sondagem, foram utilizados apenas os *logs* das captações destinadas ao abastecimento público e das construídas pela empresa de sondagem Renato Lima Azena, Lda. uma vez que:

- Foi esta empresa que efetuou mais furos na área de estudo, pelo que assim se garantia a existência de vários *logs* de sondagem onde os critérios de classificação eram os mesmos, facilitando a elaboração dos perfis;
- A maior parte das captações públicas existentes na área de estudo também foram executadas pela empresa Renato Azenha, Lda.;
- Os restantes relatórios de sondagem apresentavam descrições menos pormenorizadas.

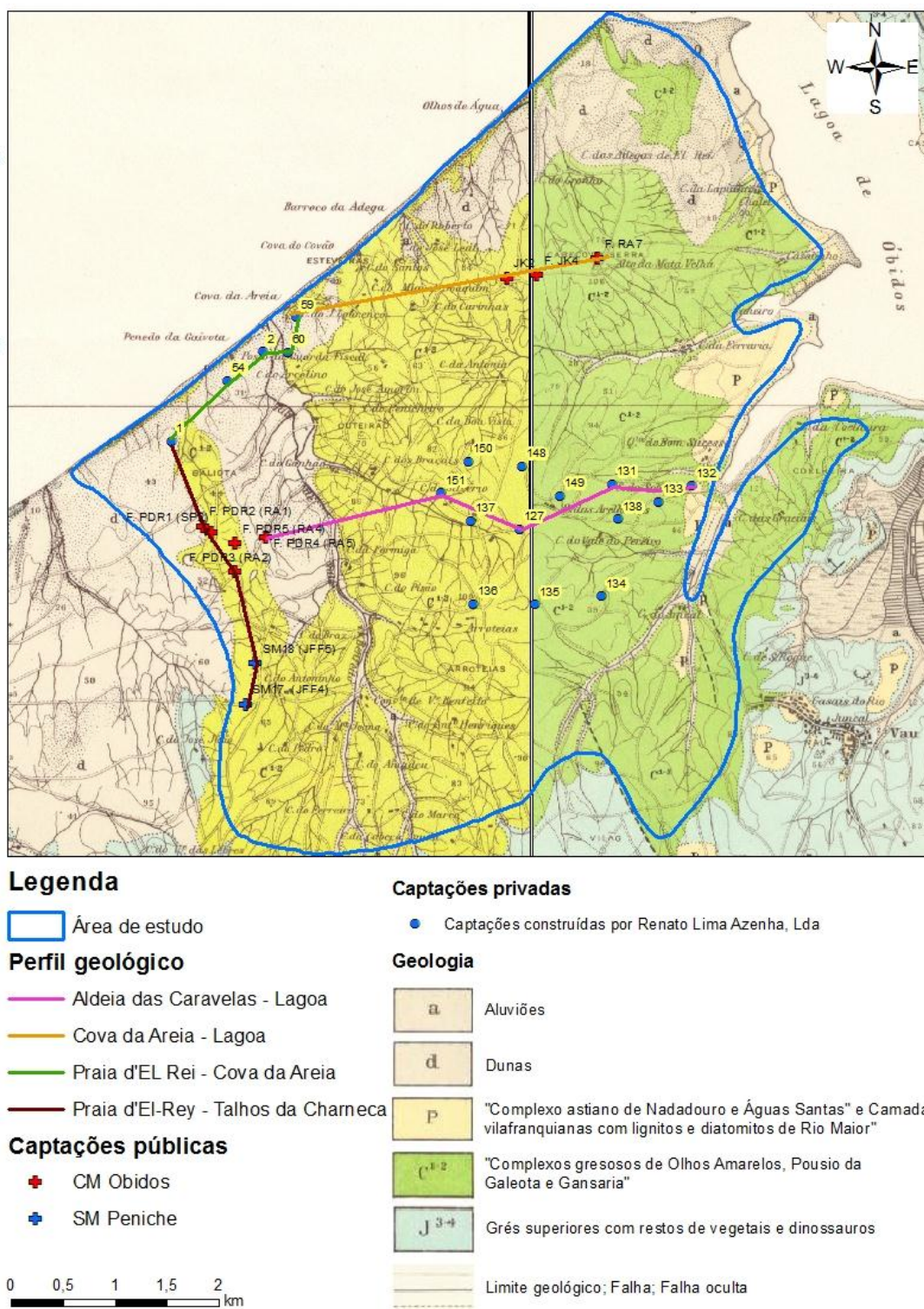


Figura 11 – Localização dos perfis geológicos e das captações utilizadas para a sua elaboração, sobre as Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Apesar da localização dos perfis (Figuras 12, 13, 14 e 15) estar à partida condicionada pela localização das captações escolhidas, considerou-se que os mesmos eram representativos da maior parte da área de estudo, uma vez que ilustram a espessura e localização em profundidade de ambos os complexo quer junto ao mar quer mais para o interior da área de estudo, inclusive junto à Lagoa de Óbidos.

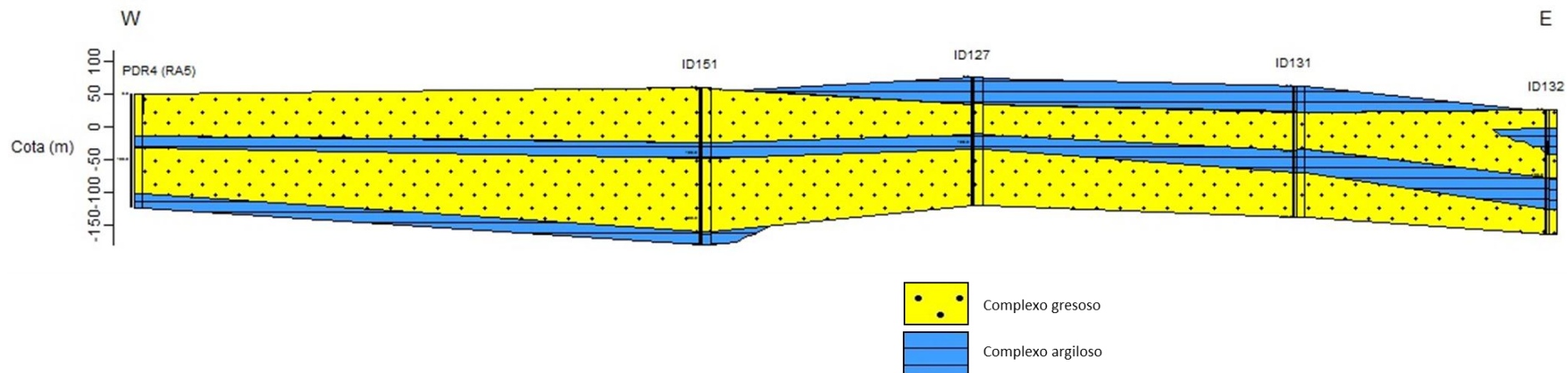


Figura 12 – Perfil geológico, de direção geral W-E, entre a Aldeia das Caravelhas, junto ao sítio da Praia D’EL Rei, e a Lagoa de Óbidos.

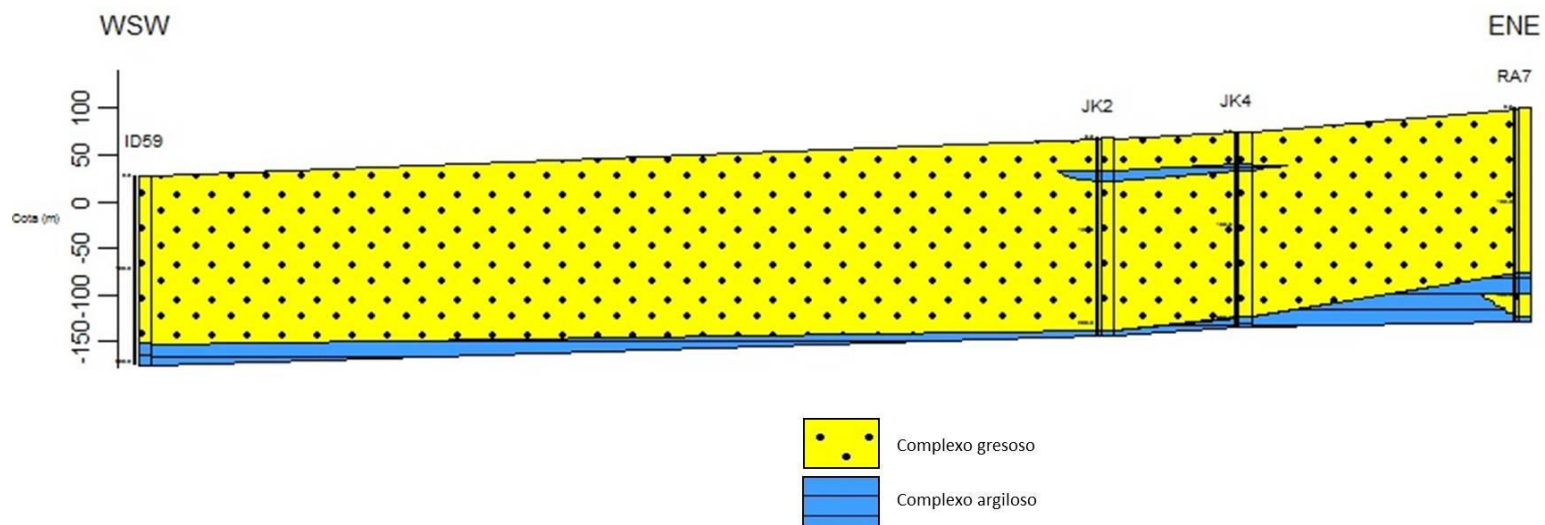


Figura 13 – Perfil geológico, de direção geral WSW-ENE, entre a praia da Cova da Areia e a Lagoa de Óbidos.

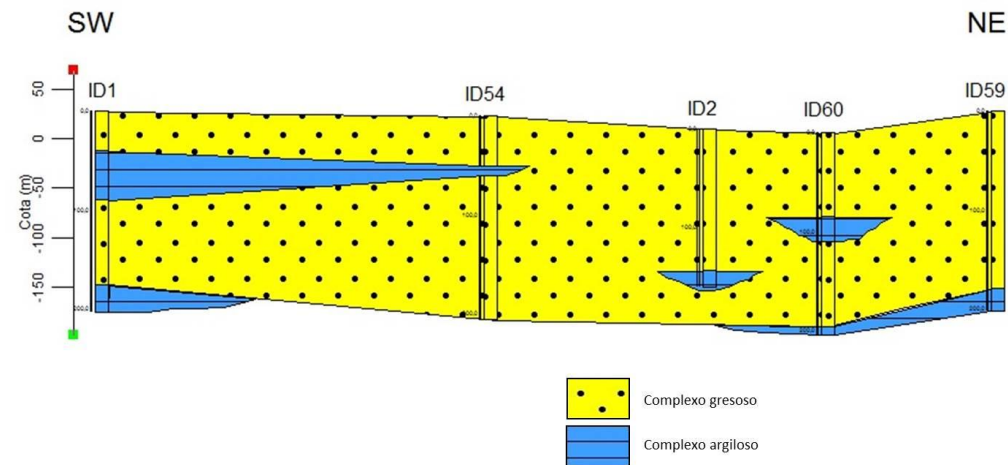


Figura 14 – Perfil geológico, de direção geral SW-NE, entre a praia do sítio da Praia D’EL Rei e a praia da Cova da Areia.

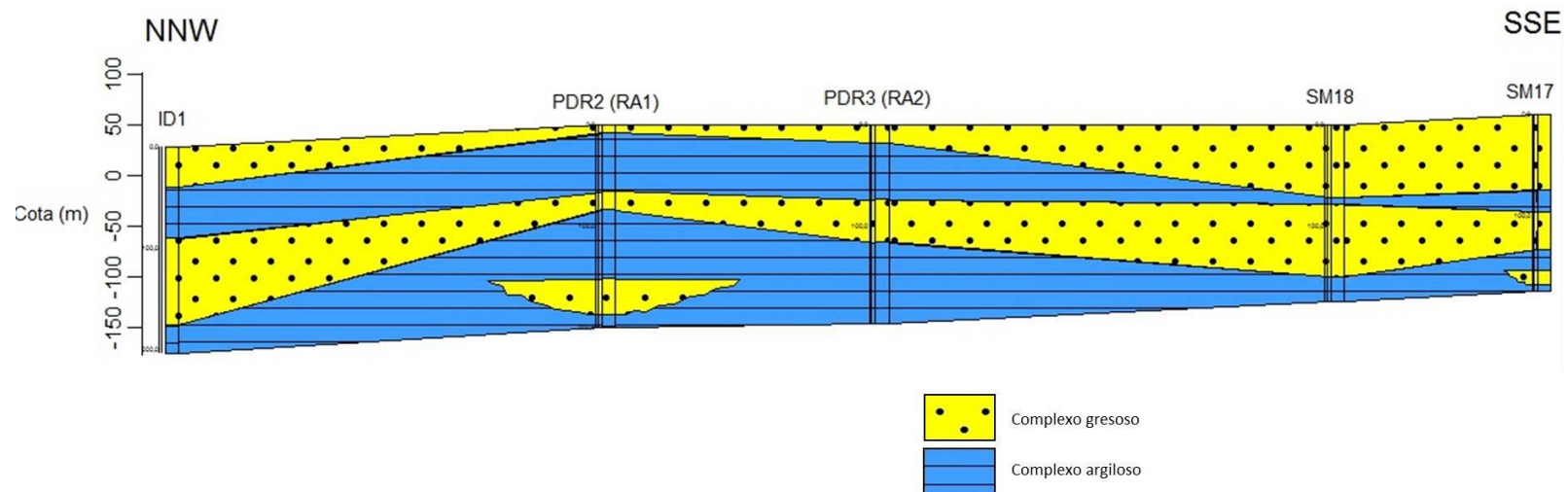


Figura 15 – Perfil geológico, de direção geral NNW-SSE, entre a praia do sítio da Praia D’EL Rei e o sítio de Talhos da Charneca.

Pelos perfis geológicos apresentados, podemos concluir que, em termos de espessuras, na maior parte da área de estudo predomina o complexo gresoso relativamente ao argiloso, com exceção junto do sítio da Praia d'EL Rei, isto é, no limite SW da área de estudo, onde se registam as maiores espessuras do complexo argiloso.

2.2 ENQUADRAMENTO TECTÓNICO

Relativamente à estrutura regional, a área de estudo localiza-se numa área marcada pela tectónica diapírica associada ao diapiro das Caldas da Rainha, que levou à formação do vale tifónico das Caldas da Rainha, localizado a E (Figura 16).

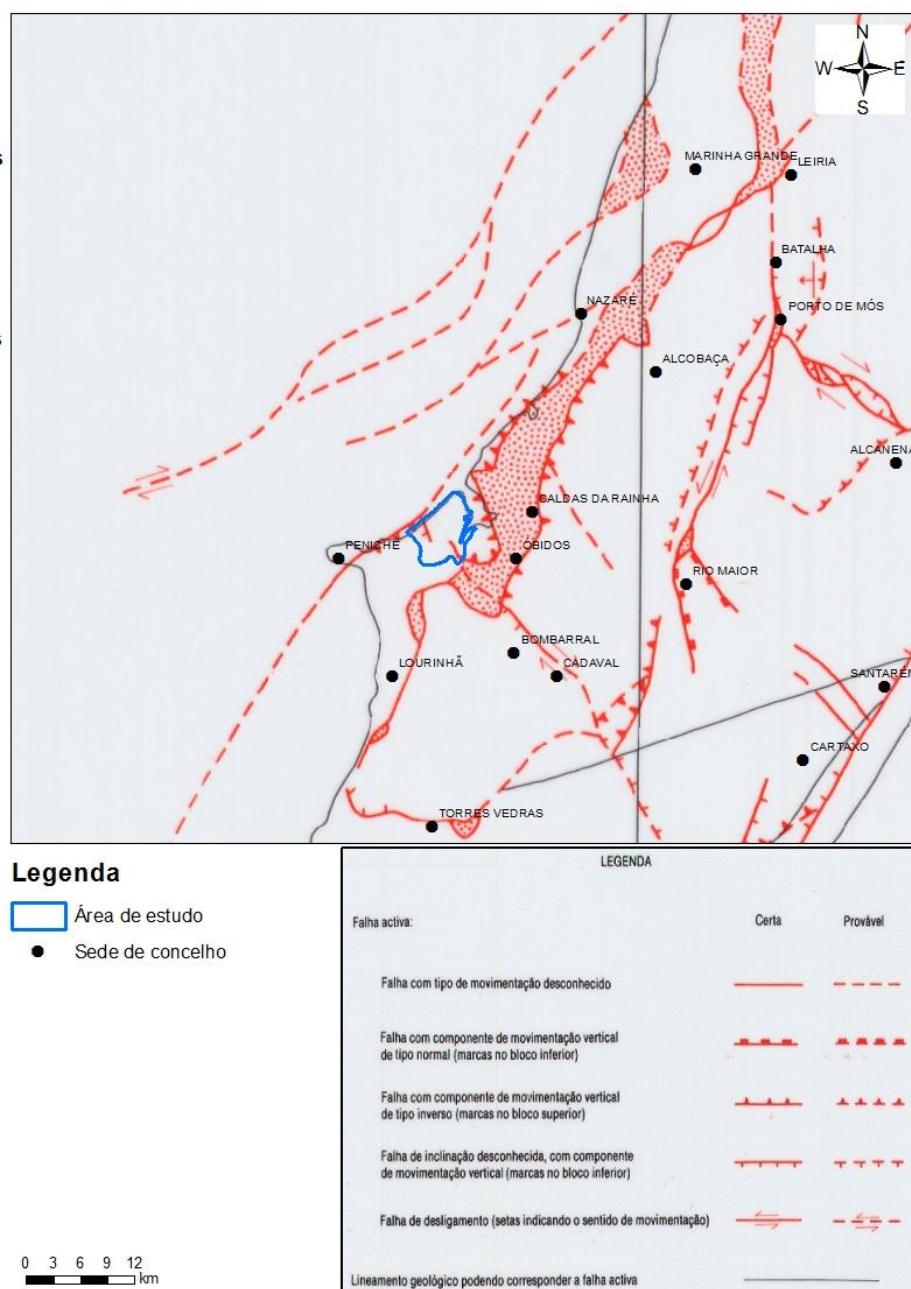
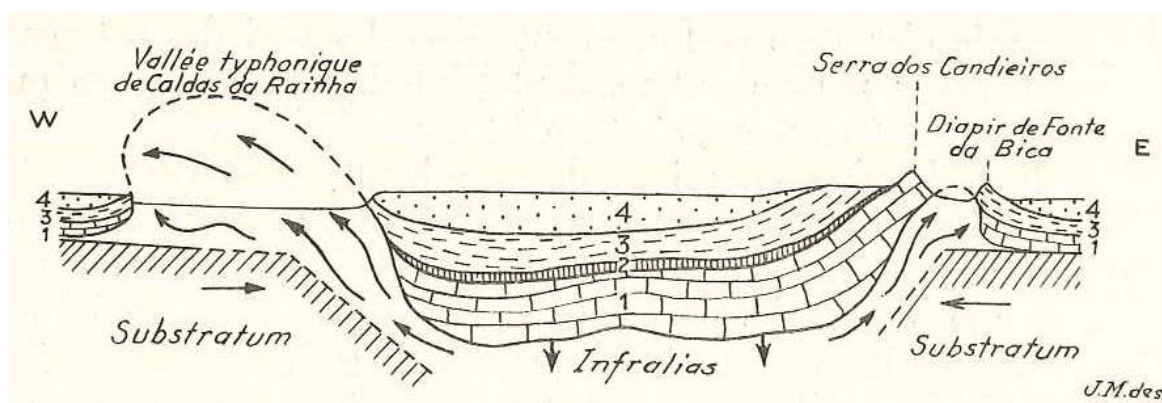


Figura 16 – Enquadramento da área em estudo na Carta Neotectónica de Portugal Continental (adaptada de Cabral, 1995).

O vale tifónico das Caldas da Rainha é parte integrante de um vasto sistema de diapiros existente na Bacia Lusitânica, localizados ao longo de falhas enraizadas no soco varisco e com duas direções predominantes, designadamente NNE-SSW a N-S e ENE-WSW a E-W, ou seja, as direções de estruturação e dos limites da bacia (Kullberg, 2000).

O diapiro das Caldas da Rainha é o maior diapiro aflorante na Bacia Lusitânica, apresentando uma largura média de 5 km e comprimento de 45 km segundo a direção NNE-SSW (Kullberg, 2000). Trata-se de uma estrutura diapírica perfurante, onde afloram as margas hetangianas, com gesso e sal-gema, com um comportamento essencialmente plástico (Zbyszewski, 1959; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960; Ribeiro *et al.*, 1979; Cabral, 1995). No interior do vale tifónico identificam-se sedimentos pliocénicos, fortemente deformados em alguns locais, assentes diretamente nas margas hetangianas (Cabral, 1995).

De acordo com a interpretação inicial efetuada por Zbyszewski (1959), a formação do vale tifónico das Caldas da Rainha surge na sequência da formação de uma dobra anticlinal, relacionada com a tectónica salífera, onde o núcleo era constituído pelas formações gresosas e salíferas do Jurássico inferior. Esta dobra fazia parte de uma estrutura mais vasta, materializada por um fosso sinclinal limitado a W e a E por duas dobras anticlinais (Figura 17). A compressão exercida sobre estas formações plásticas, obrigou-as a subir e a aparecerem ao longo das falhas aqui existentes. Posteriormente, com a erosão destas formações originou-se uma depressão que foi preenchida pelos depósitos Pliocénicos.

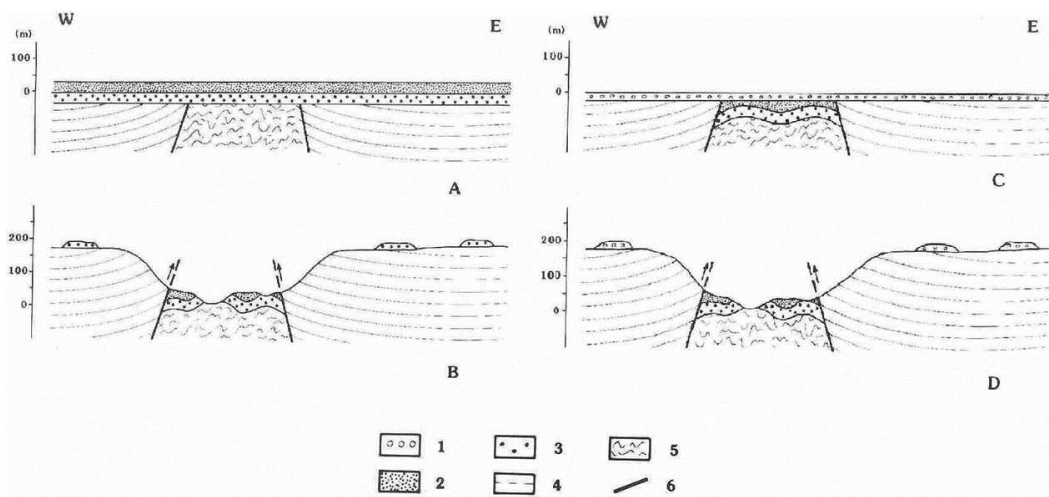


1 – Lias e Dogger; 2 – Camadas de Cabaços; Camadas de Montejunto, Abadia, etc.; Grés superiores com dinossauros.

Figura 17 – Interpretação inicial para formação do vale tifónico das Caldas da Rainha (extraído de Zbyszewski, 1959).

Contudo, trabalhos mais recentes (Cabral, 1995) vieram alterar significativamente a teoria anterior, defendendo que a depressão tectónica apenas se constitui depois da sedimentação dos depósitos Pliocénicos, com base na elevação de ambos os bordos. Em Cabral (1995) são apontados dois modelos possíveis para a formação deste vale tifónico (Figura 18):

- Modelo A – As movimentações tectónicas que geraram o vale tifónico são posteriores à sedimentação de toda a série Pliocénica, estimando-se uma separação tectónica vertical máxima de aproximadamente 175 metros;
- Modelo B – Composta por uma primeira fase com deslocamentos verticais nas falhas dos bordos, posteriores à deposição do conjunto sedimentar Pliocénico e por uma segunda fase que originou uma separação tectónica vertical máxima da ordem de 150 metros.



Modelos alternativos de evolução dos diapiros do litoral estremenho para depressões tectónicas («vales tifónicos») no Pliocénico terminal e Quaternário (A-B, ou A-C-D). Esquemas fora de escala, muito sobreelevados. As altitudes representadas na escala vertical referem-se ao nível de base geral contemporâneo da fase evolutiva correspondente. 1, areias azóicas com pequenos calhaus rolados («bichouros») (Pliocénico terminal, -2/-1,6 Ma?); 2, sedimentos argilo-arenosos, lignitosos e diatomíticos (Pliocénico superior, -3/-2,5 Ma?); 3, areias marinhas fossilíferas (Pliocénico superior, -3,5/-2,7 Ma); 4, formações mesozóicas encaixantes, consistindo predominantemente em calcários jurássicos; 5, margas gipsíferas e salíferas dos núcleos diapíricos (Liásico inferior); 6, falha de bordo do diapiro com sentido da componente de movimentação segundo a inclinação indicada pelas setas.

Figura 18 – Os dois modelos considerados para a formação dos vales tifónicos na Bacia Lusitânica (extraído de Cabral, 1995).

Segundo Cabral (1995), como resultado da movimentação das falhas, os depósitos Pliocénicos são preservados no interior da depressão e erodidos nos flancos levantados. O facto das espessuras, quer dos depósitos marinhos Pliocénicos quer das areias continentais serem semelhantes às que observam na região de Leiria-Pombal, já fora dos vales tifónicos aqui existentes, constitui um argumento a favor da ausência de subsidência durante o período da sua deposição e, consequentemente, de uma evolução posterior.

Mais concretamente no que respeita à área de estudo, esta é parte integrante de uma estrutura em sinclinal, denominada Sinclinal da Galeota, constituída pelas formações jurássicas e cretácicas (Rey & Dinis, 2004). Esta estrutura, apresenta o flanco Norte nas arribas da Serra de Bouro e o flanco Sul nas praias do Baleal e Almagreira, ambos constituídos pelo Jurássico superior, enquanto o núcleo, com centro na praia D’El Rei, é constituído pelo Cretácico (Penacho, 2012).

Segundo Rey & Dinis (2004), o Sinclinal da Galeota apresenta flancos com claras diferenças em termos de inclinações. Enquanto o flanco Norte possui uma considerável inclinação para SW, consequência da influência da tectónica associada ao diapiro das Caldas da Rainha sobre a inclinação da formação Jurássica que serve de base ao Cretácico, o flanco oposto é constituído por inclinações mais suaves para NE (Figura 19).

Ainda segundo Rey e Dinis (2004) e com base unicamente na observação das arribas, esta diferença de inclinações nos dois flancos poderá originar maiores espessuras de Cretácico a N e menores espessuras a S. No entanto, este facto não é observado nos perfis geológicos realizados a partir dos relatórios de sondagem.

Em termos de acidentes tectónicos, são identificadas falhas de direcção NW-SE a NNW-SSE, junto dos sítios de Amoreira e Casal do Ameal. A Falha da Amoreira é considerada uma falha ativa ou associada a uma falha ativa e pode ter uma movimentação do tipo desligamento direito (Cabral, 1995).



Figura 19 – Inclinação mais acentuada das camadas no flanco Norte, junto à escarpa do Gronho; inclinações suaves no flanco Sul, entre a Praia D’El Rei e a praia da Almagreira.

São também observadas várias falhas de direção SW-NE, paralelas à linha de costa, sendo a Falha da Esteveira a mais importante. Esta falha é considerada uma falha ativa de movimentação inversa (Cabral, 1995). Ainda são identificadas várias falhas ao longo da arriba, contudo, sem expressão regional (Figura 20).



Figura 20 – Pequenas falhas identificadas ao longo da arriba junto da Cova da Arreia.

Em Cabral (1995) é ainda identificada uma falha perpendicular à linha de costa, com componente de movimentação vertical. Tendo em conta a localização desta falha, mais ou menos coincidente com a ribeira do Vale Benfeito, pensámos que poderia ser identificada nos perfis que intersestavam o vale desta ribeira, contudo, o mesmo não aconteceu, uma vez que não se verificou qualquer rejeito vertical nos complexos aqui identificados.

Segundo Azeredo *et al.* (2006) o traçado retilíneo de alguns vales, nomeadamente a ribeira das Ferraria e a Vala do Ameal, sugere a influência de alinhamentos de direção W-E e SW-NE, respetivamente.

2.3 GEOMORFOLOGIA

A área de estudo insere-se numa região que, do ponto de vista geomorfológico, é muito diversificada, consequência quer da variedade de litótipos aqui existentes quer da ação das estruturas tectónicas anteriormente descritas.

Assim, regionalmente, é de salientar (Figura 21):

- A extensa área deprimida correspondente ao vale tifónico das Caldas da Rainha, com o seu fundo aplanado e relevos residuais, os relevos do Jurássico superior que delimitam o vale tifónico e que, por vezes, devido a ações tectónicas originam imponentes escarpas de falha, como é o caso de Sobral da Lagoa;
- O planalto do maciço cársico da Cesareda;
- A Lagoa de Óbidos com os seus vários níveis de terraços e depressões palustres, como são os casos da “Poça do Vau” e “Poça das Ferrarias”;
- A zona litoral constituída por depósitos de praia e arribas.

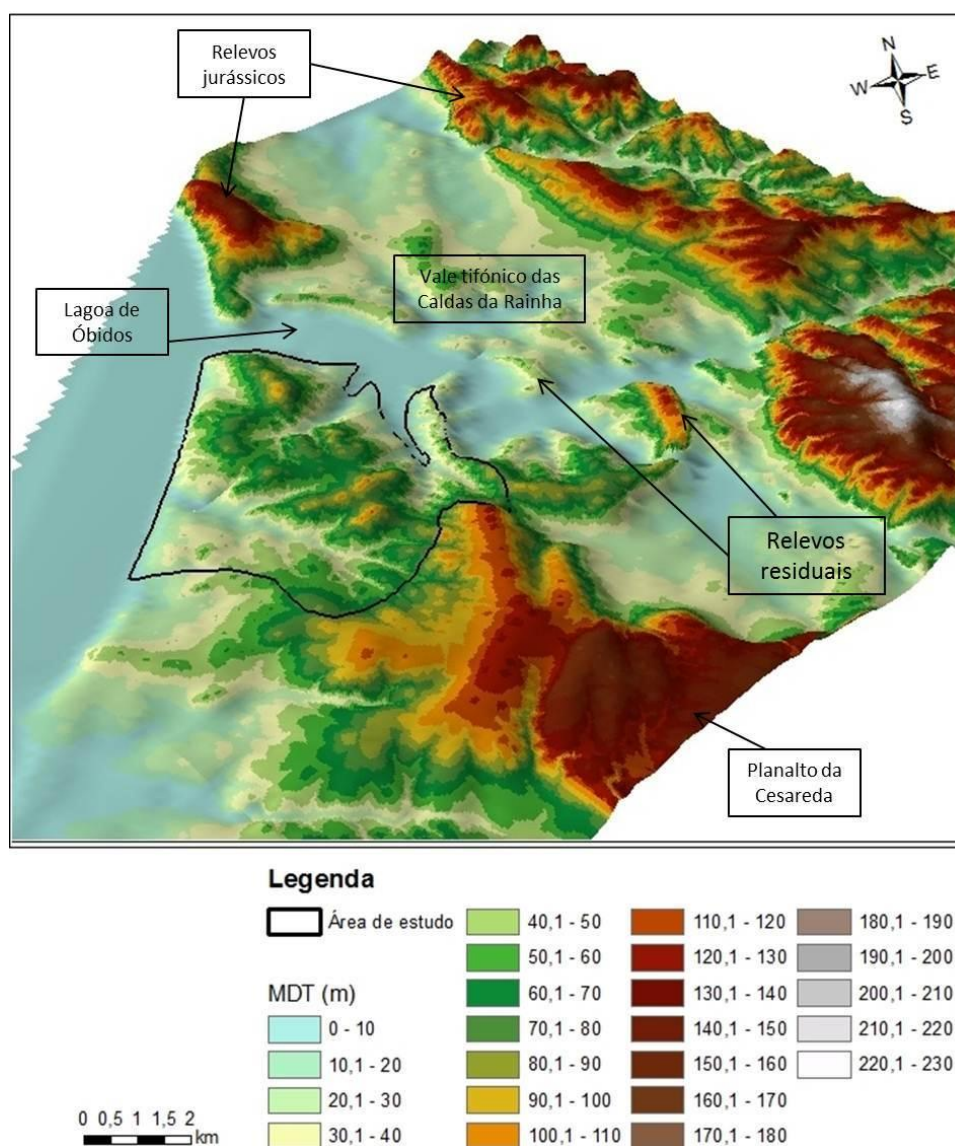


Figura 21 – Modelo digital de terreno da região envolvente à área de estudo (adaptada a partir da informação altimétrica das Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000).

A área de estudo, propriamente dita, é constituída por duas unidades geomorfológicas, uma superfície degradada denominada por “Superfície envolvente degradada do Bom Sucesso” e pelo complexo dunar Gronho-Praia D’El Rei (Azeredo *et al.*, 2006).

A primeira unidade é caracterizada por uma superfície de aplanção extensa que se prolonga para além dos limites da área de estudo, podendo identificar-se vestígios da mesma um pouco por toda a região entre a faixa costeira e o sopé das serras de Candeeiros e Montejunto. Trata-se de uma área marcada pelo encaixe de toda a rede de drenagem, instalada a partir do final do Pliocénico, deixando apenas conservados, no topo de algumas colinas, testemunhos desta superfície de aplanção Pliocénica, nos quais ocorrem por vezes retalhos de antigos depósitos com a mesma idade (Azeredo *et al.*, 2006).

De acordo com os mesmos autores, o complexo dunar Gronho-Praia D’El Rei, constituído por areias de idade Holocénica, é consequência de um processo de sedimentação eólica ainda ativo, contudo, atualmente é fortemente condicionado pela ocupação humana, que incrementou significativamente desde o fim do século XX/início do século XXI, tal como anteriormente referido (Figura 22). O processo de sedimentação é constituído pelo transporte eólico e deposição em complexos dunares, de areias marinhas.



Figura 22 – Complexo dunar no estado natural (à esquerda) e mascarado com ocupação humana (à direita), junto da praia do Rei Cortiço e Cova da Areia, respetivamente.

Apesar de não se considerar uma unidade geomorfológica, é importante descrever a zona litoral, constituída pelas arribas e praias. Segundo Azeredo *et al.* (2006), a S da Lagoa de Óbidos e contrastando com a zona a N da mesma, as arribas baixam de altitude em direção a S, sendo mais elevadas na Praia do Gronho e mais baixas na Praia de El-Rei, enquanto o areal é consideravelmente extenso e contínuo. Esta situação está associada ao facto das arribas a N da Lagoa de Óbidos serem constituídas por sequências sedimentares do Jurássico superior mais resistentes à erosão.

Do ponto de vista altimétrico e de um modo geral as cotas descem em direção ao mar e à Lagoa de Óbidos, influenciadas por um relevo orientado aproximadamente N-S (Figura 23). As cotas mais elevadas estão associadas aos pontos mais altos deste relevo e correspondem aos vértices geodésicos do Cabeço da Serra (108 metros) e das Arroteias (116 metros), ambos na zona do Bom Sucesso, e ainda um alto com cotas a variar entre os 110-113 metros, junto do último vértice geodésico. A WNW deste relevo, na zona da Praia D’El Rei, as cotas variam entre os 30-50 metros.

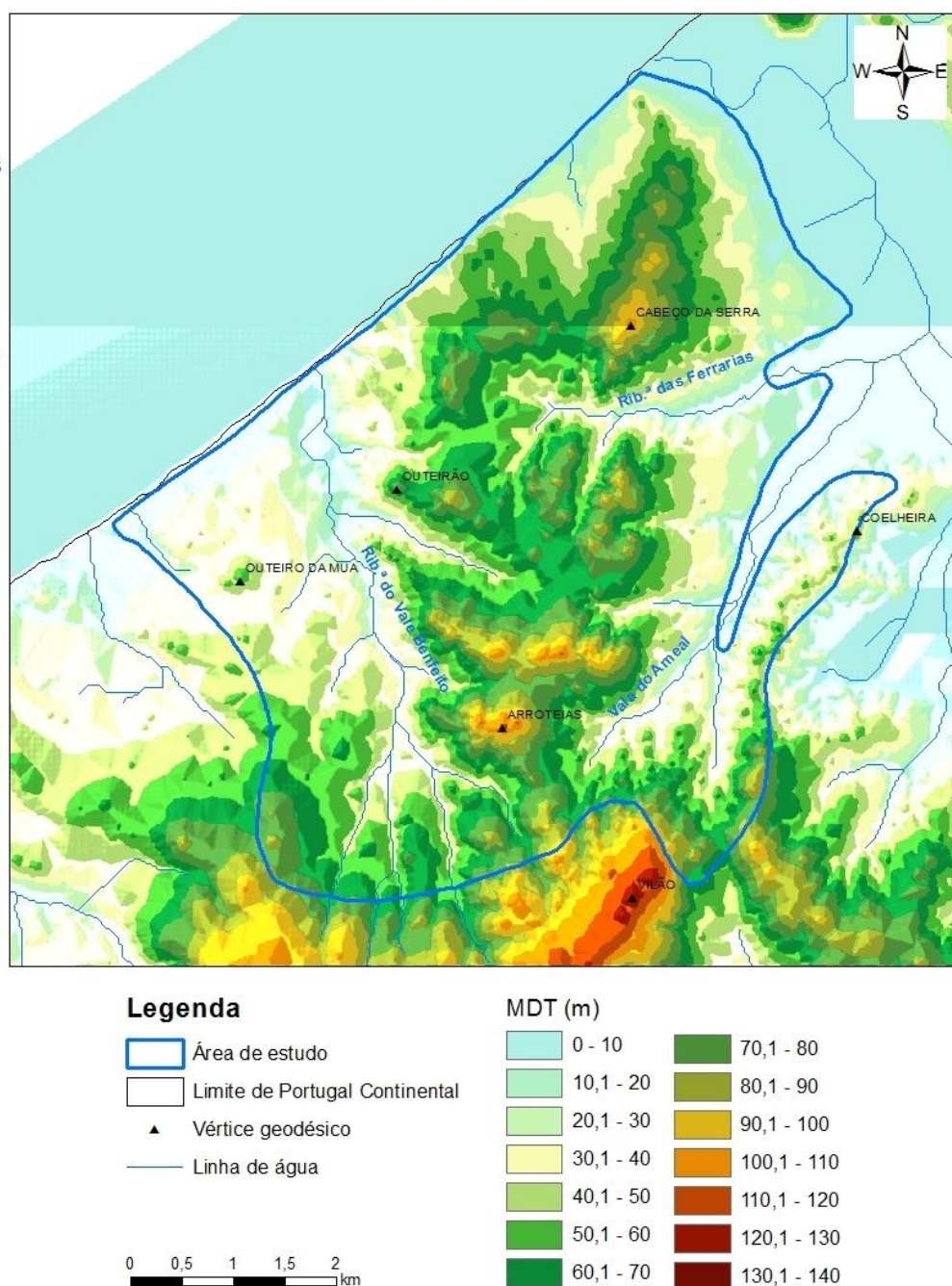


Figura 23 – Modelo digital de terreno da área de estudo (adaptada a partir da informação altimétrica das Folhas 325B, 326, 337 e 338 da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000).

As cotas mais baixas correspondem às baixas aluvionares, existentes ao longo dos vales das principais linhas de água, nomeadamente a ribeira do Vale Benfeito e a Vala do Ameal, variando entre 5-15 metros.

Relativamente à rede hidrográfica, a S do relevo acima referido, o escoamento superficial é em direção ao mar, enquanto a N é em direção à lagoa de Óbidos. As principais linhas de água são a Vala do Ameal e as ribeiras das Ferrarias e do Vale Benfeito, sendo que as duas primeiras desaguam na Lagoa de Óbidos. Estas linhas de água apresentam, de um modo geral, vales amplos e por vezes retilíneos, provavelmente associados a alinhamentos tectónicos (Azeredo *et al.*, 2006).

3. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO E RECOLHA DE DADOS DE CAMPO

Os trabalhos associados à caracterização hidrogeológica, hidroquímica e isotópica tiveram como base um inventário de todas as captações de água subterrânea existentes na área em estudo. Este inventário foi efetuado através do contacto com várias entidades públicas, designadamente a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. / Administração de Região Hidrográfica do Tejo e Oeste (APA / ARH Tejo e Oeste), a Câmara Municipal de Óbidos (CM Óbidos) e os Serviços Municipalizados de Peniche (SM Peniche).

Os contactos junto destas entidades possibilitaram o inventário de 203 captações de água subterrânea, sendo que 192 captações são privadas e 10 destinadas ao abastecimento público. Durante as campanhas de campo foi ainda identificada uma captação, do tipo nascente. Deste conjunto de captações, 197 são do tipo furo vertical, cinco do tipo poço e uma nascente (Figura 24). Salienta-se ainda que as principais características destas captações estão no Anexo I.

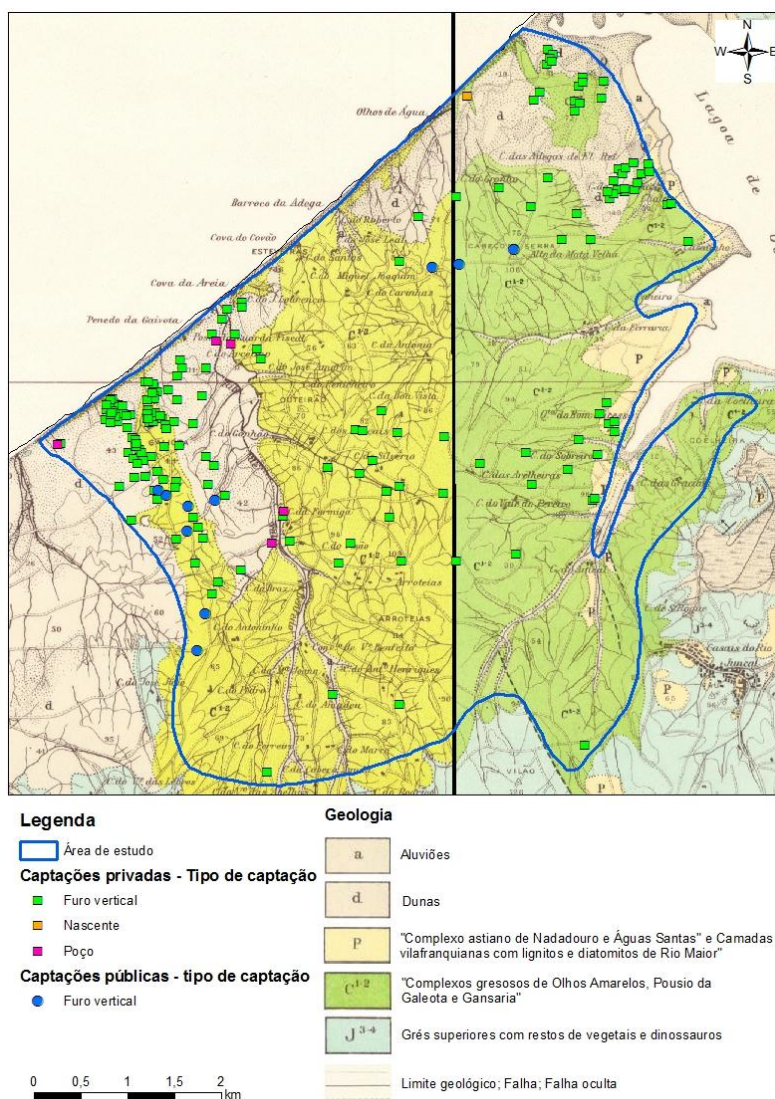


Figura 24 – Inventário de captações de água subterrânea sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Contudo, deste número de captações, apenas 81, todas do tipo furo vertical, é que possuem total ou parcialmente os dados essenciais para a caracterização a efetuar, como o *log* de sondagem, as características técnicas e hidráulicas e os caudais de exploração (Figura 25).

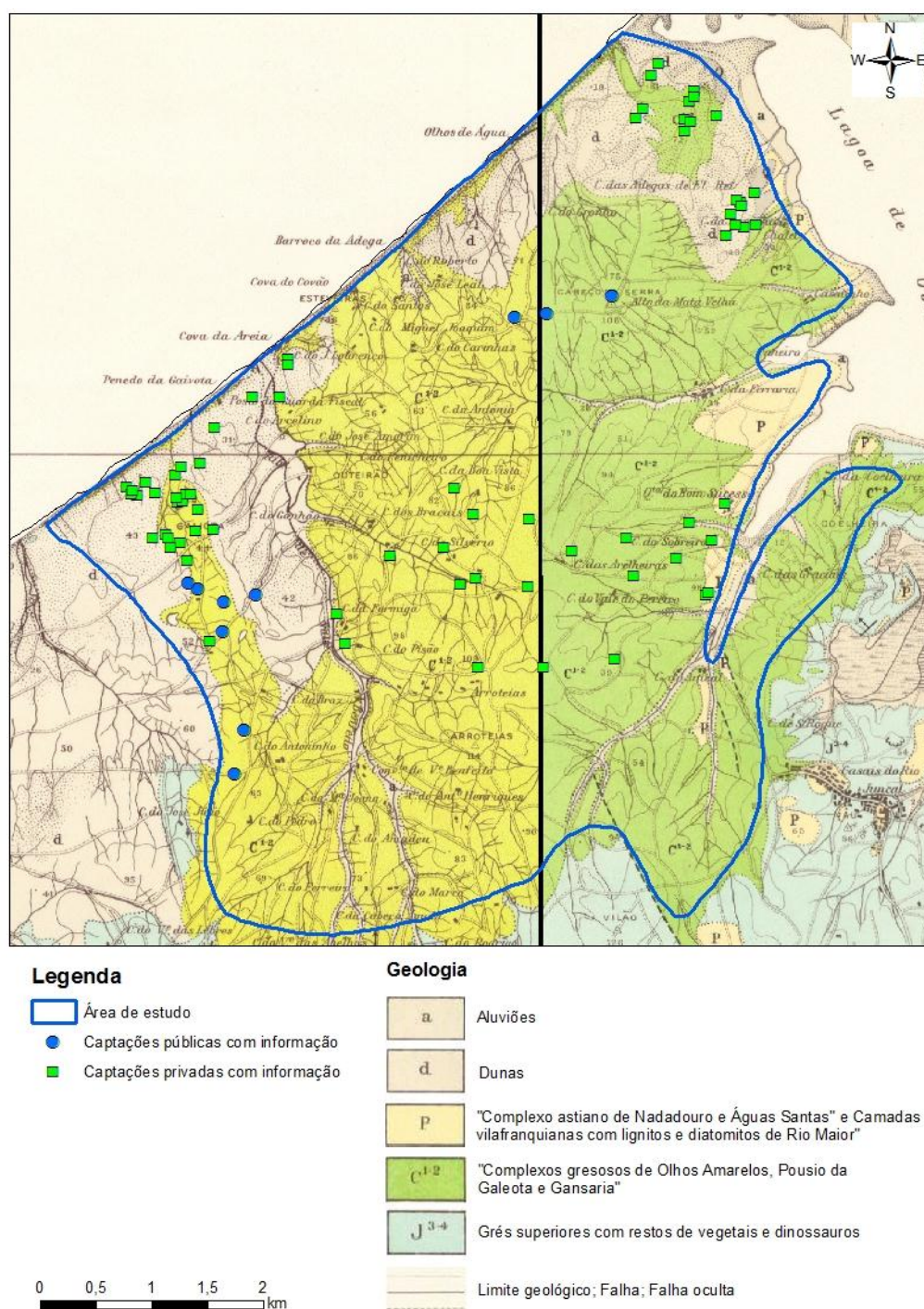


Figura 25 – Localização das captações com informação, sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Entre as características técnicas e hidráulicas de cada captação para a realização deste trabalho, destacamos a profundidade, a posição dos ralos, a medição de níveis aquando da sua construção, a realização de ensaios de caudal e a indicação do caudal de exploração.

Relativamente aos ensaios de caudal, foram contactadas várias empresas de sondagem responsáveis pela execução das captações inventariadas, contudo, apenas a empresa Renato Azenha, Lda. aceitou disponibilizar os dados dos ensaios de caudal de nove captações.

Foram efetuadas quatro campanhas de campo, distribuídas pelos meses de maio, junho e agosto de 2013. As captações escolhidas para o desenvolvimento dos trabalhos de campo estão representadas na figura seguinte (Figura 26).

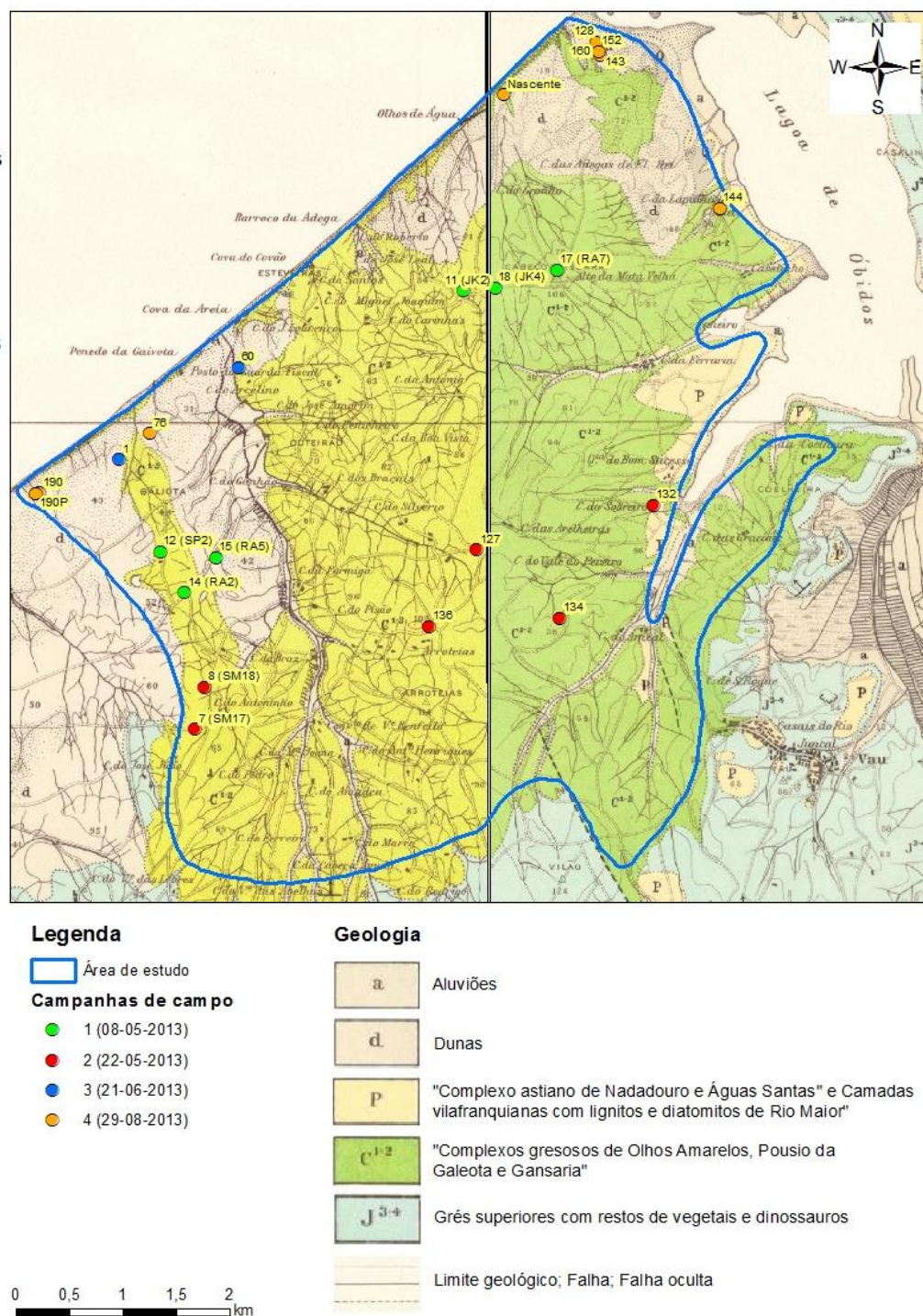


Figura 26 – Captações escolhidas para as campanhas de campo, sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França *et al*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Os trabalhos de campo tiveram o objetivo de: confirmar a localização das captações; medir níveis piezométricos; medir *in situ* a condutividade elétrica, o potencial redox, pH e temperatura; recolher amostras de água subterrânea com vista à determinação laboratorial de parâmetros físico-químicos e razões isotópicas $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ (Figura 27).



Figura 27 – Instrumentos utilizados nas campanhas de campo: à esquerda a sonda de nível utilizada para a medição dos níveis hidrostáticos e à direita os aparelhos para medição da condutividade elétrica, potencial redox, pH e temperatura.

Na seleção das captações a efetuar medições de nível, tivemos por base os seguintes critérios:

- Captações com as medições mais antigas, permitindo assim reduzir o intervalo temporal dos dados utilizados para a elaboração de uma superfície piezométrica;
- A localização das captações, de forma a obter-se a melhor representatividade possível de toda a área de estudo.

Contudo, este trabalho ficou claramente condicionado por diversos fatores, nomeadamente a indisponibilidade dos proprietários das captações em facultar o acesso às mesmas, a impossibilidade de encontrar captações em repouso para medição do nível hidrostático e a existência de muitas captações com a cabeça selada, impedindo assim a introdução da sonda.

4. HIDROGEOLOGIA

4.1 CARATERIZAÇÃO GERAL

A área de estudo, anteriormente designada por Sistema Aquífero da Lagoa de Óbidos (INAG, 1997; DRAOT-LVT, 2001), é atualmente parte integrante da massa de água subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste (INAG, 2005), localizada na unidade hidrogeológica da Orla Ocidental (Almeida *et al.*, 2000) (Figura 28).

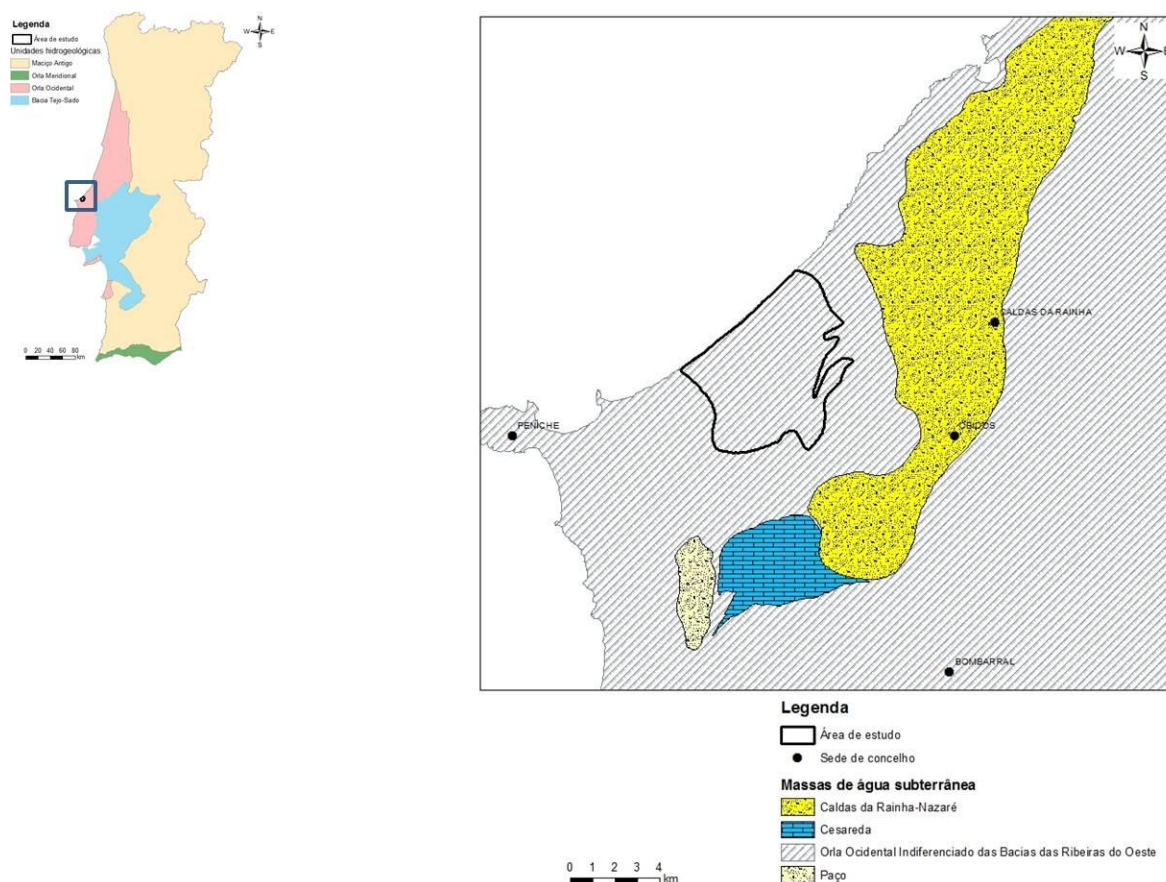


Figura 28 – Enquadramento hidrogeológico da área de estudo (adaptada de APA, 2013).

De acordo com ARH Tejo (2011), a formação cretácica aqui existente é uma das várias formações aquíferas dominantes da massa de água subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste, constituindo por isso uma área com potencial hidrogeológico.

A área de estudo, instalada numa bacia sinclinal, constitui um aquífero poroso e predominantemente confinado a semi-confinado (INAG, 1997 e DRAOT-LVT, 2001).

O suporte do aquífero é constituído pela formação cretácica C^{1-2} – "*Complexos gresosos de Olhos Amarelos, Pousio da Galeota e Gansaria*" (INAG, 1997 e DRAOT-LVT, 2001). Nesta formação, constituída por materiais detríticos de textura muito variável e, por vezes, estrutura lenticular, as

camadas argilosas separam os vários níveis aquíferos, dando assim o carácter de multicamada ao aquífero.

Subjacente ao Cretácico, encontra-se a formação jurássica J^{3-4} – *Grés superiores com restos de vegetais e dinossauros* (INAG, 1997 e DRAO-LVT, 2001). Não foi possível estudar a relação hidrodinâmica desta formação com o Cretácico, dado não terem sido identificadas captações que atingissem a primeira, contudo, tendo em conta as características litológicas quer da base do Cretácico quer do topo do jurássico, pensamos que não existirá grande diferença entre as duas formações.

Em termos de espessuras e tal como indicado no capítulo da descrição litológica, a formação Cretácica pode apresentar espessuras máximas da ordem dos 250 metros no interior da área de estudo, enquanto junto ao mar pode variar entre os 210 metros a NE junto à escarpa do Gronho e 70-80 metros a SW junto do limite da área de estudo (Rey & Dinis, 2004).

De facto os relatórios de sondagem consultados confirmam as espessuras da ordem dos 200 metros em grande parte da área de afloramento desta formação, contudo, as principais dúvidas surgem junto do limite SW da mesma. As espessuras apontadas pelos autores acima indicados para esta área correspondem aproximadamente às espessuras dos grés de cores claras (esbranquiçados e amarelados), no entanto não é clara a passagem para os grés do Jurássico superior, onde predominam as cores mais escuras (por exemplo, vermelho e castanho).

Esta dificuldade na distinção da passagem Cretácico-Jurássico está também associada à existência de grés de cores mais escuras (cores avermelhadas e acastanhadas) na base do Cretácico, tal como é possível observar junto à escarpa do Gronho (Figura 29). Estes níveis mais escuros também foram identificados noutras áreas de afloramento desta formação Cretácica existentes na zona envolvente, como por exemplo em Torres Vedras, Lourinhã e Ourém (Manuppella *et al.*, 1999; Zbyszewski *et al.*, 1955; Zbyszewski *et al.*, 1966; Zbyszewski *et al.*, 1974).



Figura 29 – Arenitos de cores avermelhadas e acastanhadas na base do Cretácico num afloramento entre a Praia d’EL Rei e a praia da Almagreira.

Assim e apesar de não ser possível indicar uma estimativa para a espessura do Cretácico na zona SW da área de estudo, pensamos que esta deverá ser superior à indicada por Rey & Dinis (2004).

A captação de água subterrânea é maioritariamente efetuada através de captações do tipo furo e na maior parte dos casos com profundidades superiores a 100 metros (das 191 captações inventariadas, apenas 46 captações é que possuem profundidades inferiores a 100 metros). Este facto, juntamente com a inexistência de poços em locais onde a formação Cretácica se encontra a aflorar, deverá ser indicador da quase inexistência de níveis aquíferos junto da superfície.

A recarga deste aquífero é feita pela infiltração direta da precipitação e pela drenância das areias de duna (INAG, 1997). Em DRAOT-LVT (2001), a partir da utilização do método de *Vermeulen*, a recarga foi estimada em 246 mm/ano ($8,6 \text{ hm}^3/\text{ano}$), considerando uma taxa de recarga média de 33% e uma precipitação média de 737 mm/ano.

Mais recentemente, no âmbito do Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, a recarga da massa de água onde se localiza a área de estudo (Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste) foi calculada com base no modelo BALSEQ_MOD (Oliveira, 2004). Na figura seguinte apresenta-se o resultado obtido apenas para a área de estudo (Figura 30).

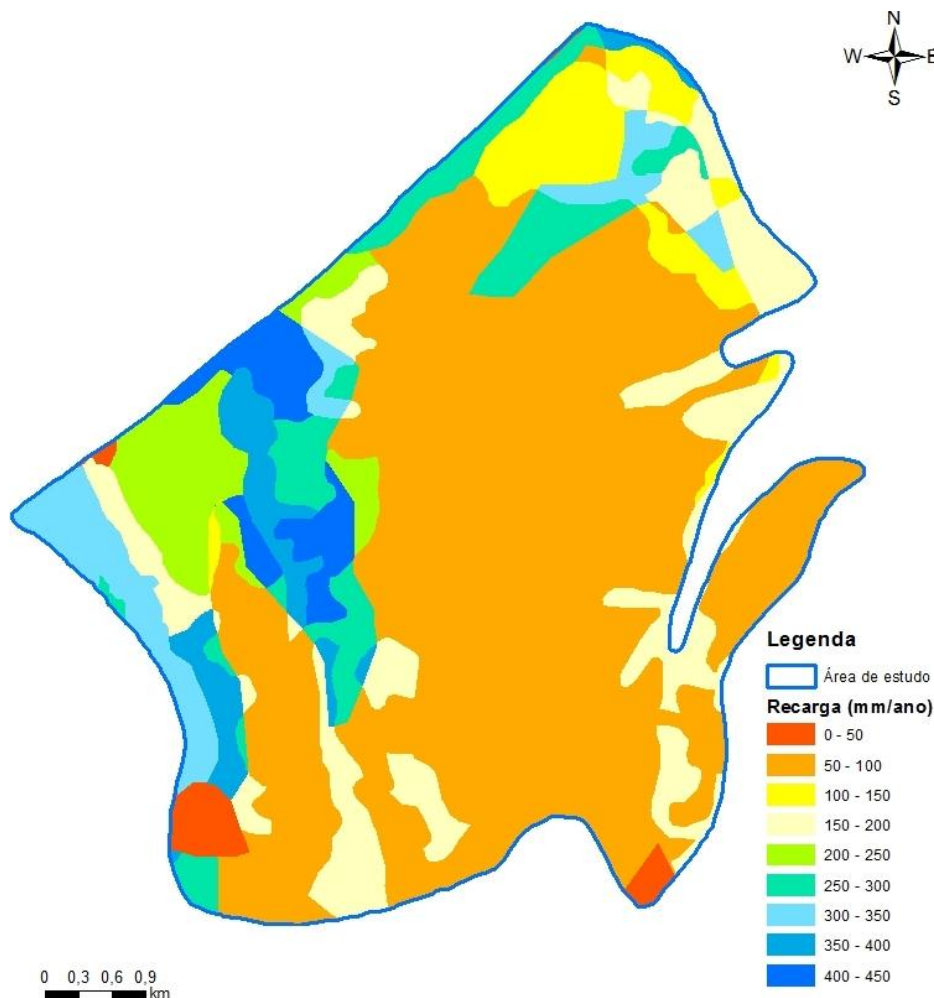


Figura 30 – Recarga da área de estudo, considerando os resultados obtidos pela aplicação modelo BALSEQ_MOD para a massa de água subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste (informação cedida pela APA / ARH Tejo e Oeste).

O resultado obtido para a área de estudo dá uma recarga média de 150 mm/ano, correspondendo a uma taxa de recarga média de 19,6% e tendo em conta uma precipitação média anual de 764,7 mm (valor obtido através da série hidrológica de 1979 a 2009 e utilizado para correr o modelo BALSEQ_MOD massa de água subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste). Desta forma, estima-se que os recursos renováveis sejam da ordem dos 5,2 hm³/ano.

Considera-se que este valor deverá adequar-se mais à realidade, comparativamente ao apresentado em DRAOT-LVT (2001), uma vez que a taxa de recarga agora calculada enquadra-se também com outras “massas de água Cretácicas”, por exemplo Ourém com 19% (ARH Tejo, 2011a) e Torres Vedras com 25% (ARH Tejo, 2011). Salienta-se ainda que as séries hidrológicas utilizadas para o cálculo da recarga destas duas massas de água são também de 1979 a 2009.

Salienta-se ainda que as maiores taxas de recarga estão associadas às áreas cobertas pelas areias de duna. Nestas áreas, as areias de duna deverão desempenhar um papel importante na recarga diferida da formação aquífera Cretácica, devendo prolonga-la muito para além do período das precipitações.

Contudo, este facto parece não acontecer em toda a área dunar, uma vez que foi possível identificar no campo a existência de escorrência superficial e a formação de lagoas no contacto entre as areias de duna e o Cretácico (Figura 31).

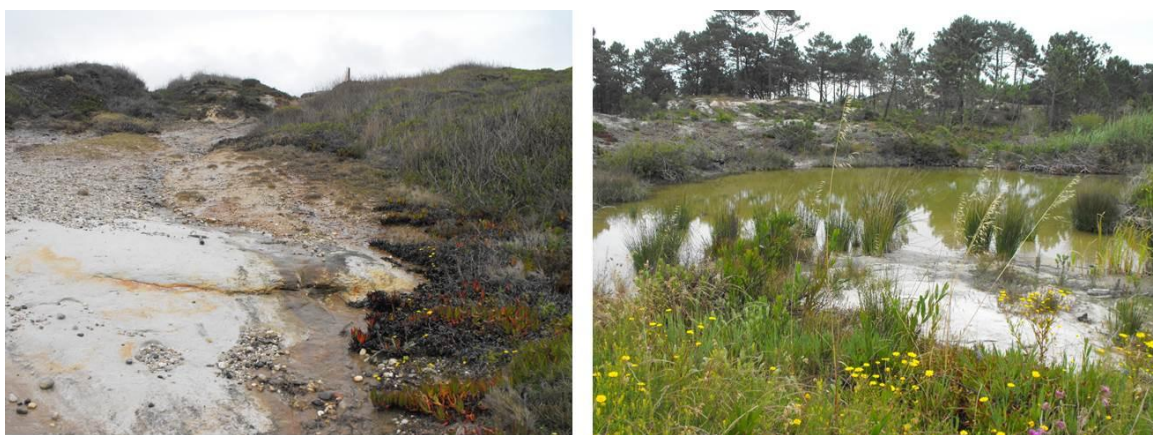


Figura 31 – Escorrência superficial junto do sítio da Fincha Grande e uma lagoa localizada junto do caminho para a praia do Rei Cortiço.

Apesar das lagoas também poderem estar associadas a pontos de descarga do escoamento mais sub-superficial do Cretácico, pensamos que estes locais onde não ocorre a passagem de água das areias de duna para a formação Cretácica poderão ser coincidentes com áreas onde afloram os níveis argilosos e/ou siltosos, funcionando estes como camadas impermeáveis.

4.2 PIEZOMETRIA E SENTIDOS DE ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO

Para a elaboração de uma carta piezométrica da área de estudo foram consideradas 66 captações do tipo furo, abrangendo de uma forma geral a totalidade da área de estudo, com exceção do extremo S (Figura 32). Nesta zona, apesar da existência de quatro captações, não há histórico de medições da profundidade do nível hidrostático (NHE) nem foi possível obter o acesso às mesmas de forma a efetuar estas medições.

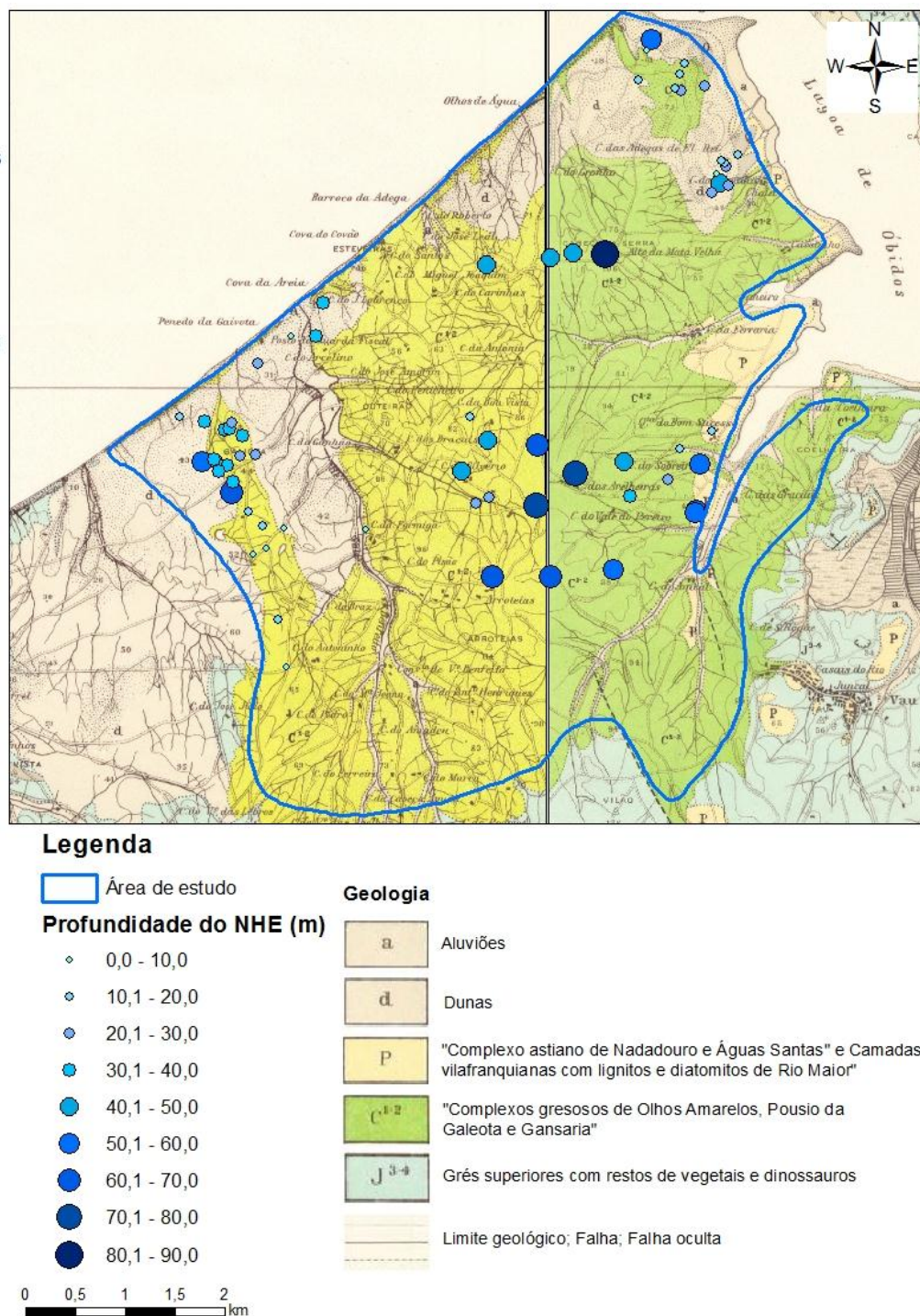


Figura 32 – Profundidade do nível piezométrico, sobre Folhas 26C e 26D da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (adaptada de Camarate França *et al.*, 1960 e Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960).

Os dados utilizados dizem respeito a medições efetuadas desde 1986 até à atualidade, tendo sido inclusive efetuadas medições durante as campanhas de campo realizadas em 2013, tal como já anteriormente referido. Apesar do considerável intervalo temporal do histórico de medições, considera-se importante referir que a grande maioria das medições tem data posterior a 2000 (Figura 33). Importa ainda salientar que em cada captação existe apenas uma única medição do NHE, efetuada aquando da sua construção.

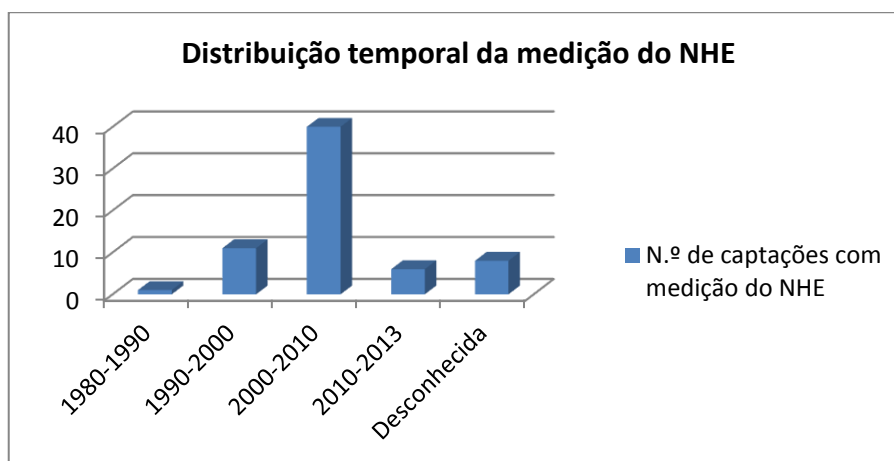


Figura 33 – Distribuição temporal das medições do NHE utilizadas para a elaboração da carta piezométrica.

Tendo em conta os pontos identificados na Figura 32, e calculando a cota do NHE utilizando a “cota de boca” da captação obtida a partir do MDT, foi elaborada uma carta piezométrica para a área de estudo (Figura 34).

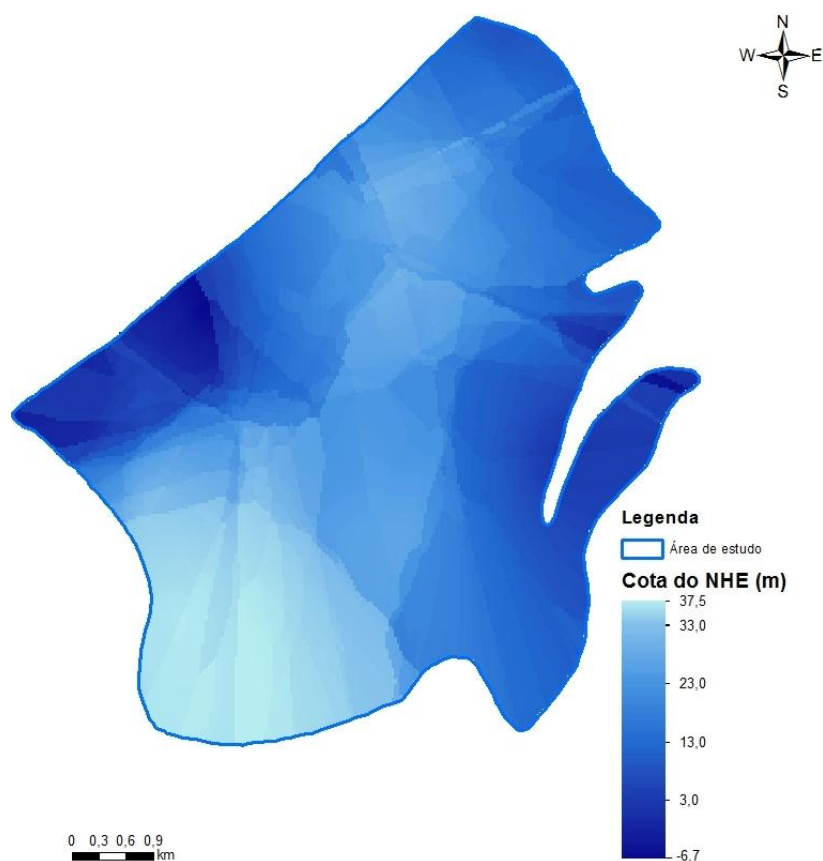


Figura 34 – Superfície piezométrica gerada com o método *Kriging*, utilizando os dados relativos à cota do NHE existentes nas captações inventariadas.

Relativamente à elaboração desta carta piezométrica e tendo em conta que a construção de um modelo numérico para a simulação do escoamento subterrâneo não é um dos objetivos desta tese, optámos pela utilização de métodos simples de interpolação existentes na aplicação *ArcGIS 10.0 da ESRI*, como por exemplo os métodos *IDW* e *Kriging*.

Relativamente a estes métodos, considerou-se utilizar o *Kriging* em detrimento do *IDW*, uma vez que, de acordo com a descrição do primeiro método, existente em *ArcGis 10 Help*, o seu processo de cálculo é mais desenvolvido e sofisticado comparativamente ao *IDW*. Enquanto o *IDW* utiliza apenas um algoritmo simples, com base na distância, o *Kriging* utiliza um semivariograma desenvolvido a pensar também na natureza e especificidade dos dados, partindo do princípio que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados. Este método apresenta ainda vantagens relativamente ao *IDW* quando os pontos não se encontram uniformemente espaçados pela área, tal como acontece com o caso em estudo.

Em primeiro lugar, consideramos importante salientar que a superfície piezométrica gerada constitui apenas uma aproximação da situação realmente existente, uma vez que:

- Trata-se de um aquífero multicamada, onde as captações deverão estar a captar várias camadas e cada camada seja caracterizada por um nível próprio;
- As medições utilizadas são correspondentes a um intervalo temporal considerável, onde é provável que tenham ocorrido modificações no regime de exploração do aquífero, consequência da intensificação da construção de captações a partir de 2000;
- Não estão a ser consideradas as extrações das captações aqui existentes.

Mais concretamente no que respeita à superfície piezométrica obtida, refere-se o seguinte:

- O escoamento subterrâneo aparenta efetuar-se em direção ao mar e à Lagoa de Óbidos, encontrando-se de acordo com o referido em DRAOT-LVT (2001);
- O escoamento em direção ao mar já era de esperar, tendo em conta a estrutura geológica onde se encontra a área de estudo, designadamente um sinclinal com eixo a inclinar para NW;
- Pensamos que a obtenção de escoamento em direção à Lagoa de Óbidos a partir da superfície piezométrica gerada poderá não traduzir a realidade, uma vez que de acordo com a cartografia geológica existente e com as várias campanhas de campo realizadas, não são identificadas camadas a inclinar em direção à Lagoa. Assim, pensamos que se podem tratar de captações a captar níveis distintos do nível regional e mais superficiais, uma vez que nesta zona predominam as captações mais curtas (profundidades geralmente inferiores a 90-100 metros).

Ainda relativamente ao escoamento subterrâneo, segundo DRAOT-LVT (2001) é de supor a existência de escoamentos locais em direção às principais linhas de água, constituindo estas eixos drenantes do aquífero aqui existente. De facto as principais linhas de água, como por exemplo as ribeiras das Ferrarias e do Vale Benfeito, aparentam receber contribuição das águas subterrâneas, uma vez que durante as várias campanhas de campo e independentemente da época do ano, possuíam sempre água.

Pensamos que esta contribuição poderá estar associada a duas situações aqui existentes:

- Nos locais onde não ocorre a passagem de água das areias de duna e/ou aluviões para a formação Cretácica, devido à existência de níveis argilosos e/ou siltsos que funcionam como camadas impermeáveis, existe uma escorrência que poderá alimentar estas linhas de água;
- É típico dos aquíferos multicamada, como é o caso da área de estudo, a existência de aquíferos suspensos e níveis sub-superficiais cujo escoamento é, de um modo geral, fiel à topografia sendo as linhas de águas os locais preferenciais para a sua descarga.

4.3 PARÂMETROS HIDRÁULICOS E PRODUTIVIDADE

4.3.1 PRODUTIVIDADE

Para a caracterização da produtividade da área de estudo utilizaram-se os caudais de exploração de 74 captações (Quadro 2), tendo-se obtido as estatísticas indicadas no Quadro 3.

Quadro 2 – Caudal de exploração por captação.

Captação (ID)	Caudal (l/s)	Captação (ID)	Caudal (l/s)	Captação (ID)	Caudal (l/s)
1	4,0	110	3,2	146	0,7
2	6,0	111	0,8	148	6,0
9	1,9	112	0,6	149	6,0
13	1,1	113	0,6	150	10,0
16	1,3	114	0,6	151	6,0
17	0,8	115	0,8	164	0,3
22	0,8	116	1,1	165	1,7
30	8,3	119	1,1	180	0,8
31	8,3	120	1,1	181	1,1
32	2,7	122	1,1	182	1,1
33	2,1	123	1,1	183	0,3
40	1,6	124	2,2	184	0,6
41	0,8	125	2,7	185	1,0
53	1,1	126	0,8	186	0,8
54	5,0	127	6,0	7 (SM17)	4,3
59	8,0	130	1,1	8 (SM18)	8,8
60	7,0	131	5,0	11 (JK2)	12,2
82	1,1	132	7,0	12 (SP2)	8,0
85	0,8	133	8,0	13 (RA1)	4,0
87	0,8	134	5,0	14 (RA2)	3,0
99	1,7	135	4,0	15 (RA5)	3,4
100	1,7	136	3,0	16 (RA4)	2,0
104	1,1	137	7,0	17 (RA7)	8,0
105	1,1	138	3,5	18 (JK4)	13,3

Captção (ID)	Caudal (l/s)	Captção (ID)	Caudal (l/s)	Captção (ID)	Caudal (l/s)
106	1,1	139	0,6	-	-

Quadro 3 – Principais estatísticas da produtividade.

Produtividade (L/s)			
Mediana	Média	Máximo	Mínimo
1,7	3,3	13,3	0,3

Apesar de em INAG (1997) e DRAOT-LVT (2001) a caracterização da produtividade ter sido realizada só com base em quatro captações, o máximo e mínimo apontados nesses estudos (12,5 e 1,1 L/s, respetivamente) enquadram-se nos valores agora obtidos.

Nas figuras seguintes apresentam-se os gráficos de correlação entre a profundidade de captação e o caudal (Figura 35) e entre o comprimento de ralos e o caudal (Figura 36), de forma a averiguar se o caudal se encontra ou não condicionado quer pela profundidade quer pelo comprimento dos ralos.

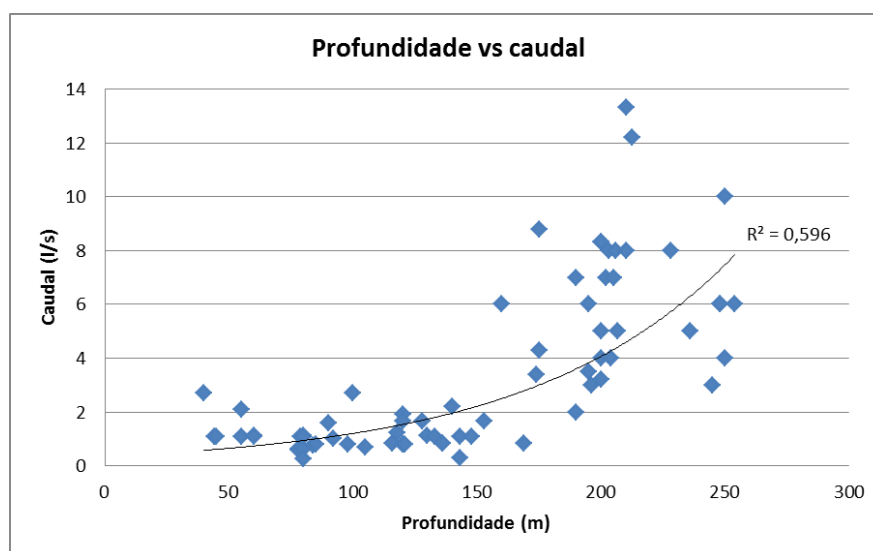


Figura 35 – Relação entre o caudal de exploração e a profundidade da captação.

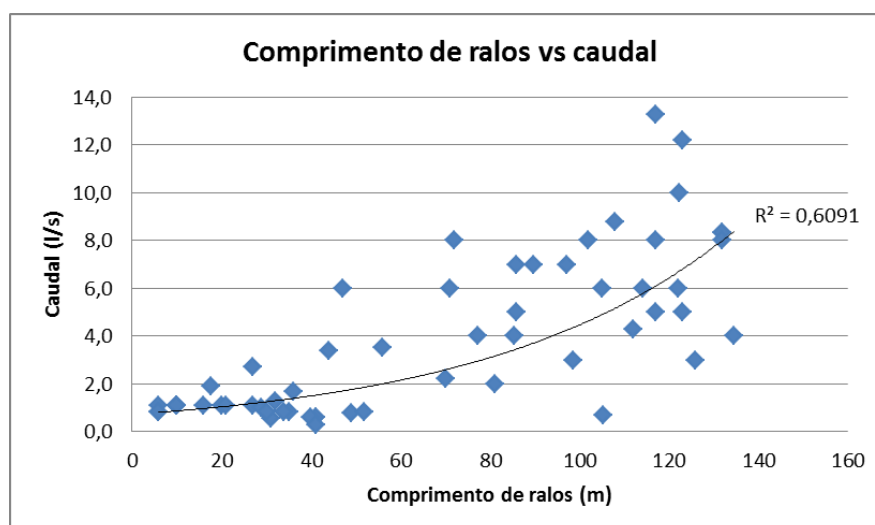


Figura 36 – Relação entre o caudal de exploração e o comprimento dos ralos.

De um modo geral pode-se afirmar que existe uma correlação moderada quer entre os caudais e a profundidade da captação quer entre os caudais e o comprimento dos ralos, tal como demonstrado nas figuras seguintes.

Apesar da correlação ser apenas moderada, os resultados obtidos podem indicar-nos que, de um modo geral, existe um aumento de caudal a partir dos 170-180 metros de profundidade e/ou dos 50-60 metros de comprimento de ralos. Este facto parece-nos vir corroborar o já referido anteriormente, designadamente o facto dos principais níveis aquíferos ou os mais produtivos encontrarem-se a profundidades consideráveis.

Na Figura 37 é possível constatar que, de um modo geral, as captações inseridas na classe mais baixa de caudal encontram-se localizadas nas duas áreas onde as captações apresentam profundidades mais reduzidas (inferiores a 100 metros), designadamente na Praia d'EL Rei e junto à Lagoa de Óbidos.

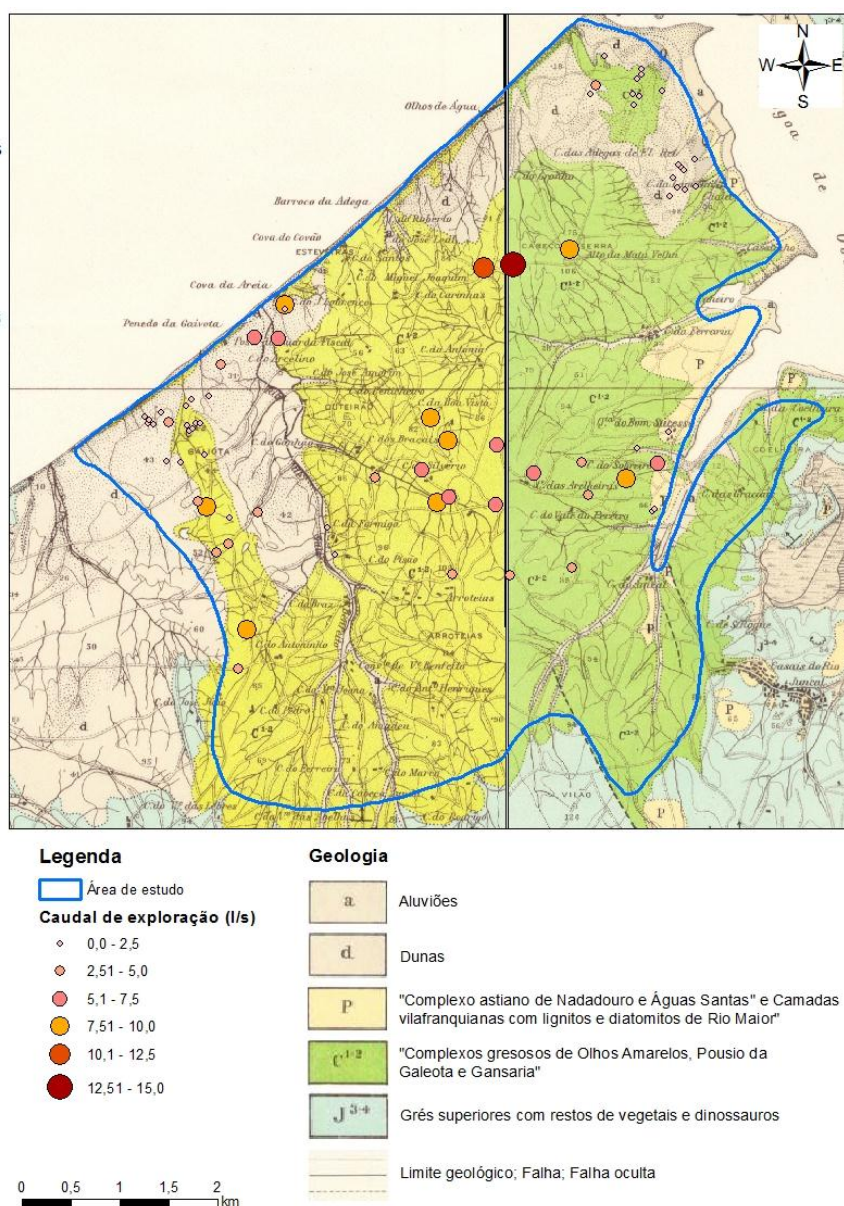


Figura 37 – Distribuição espacial dos caudais (adaptada de Camarate França *et al.*, 1960; Zbyszewski e Moitinho de Almeida, 1960 e APA / ARH Tejo e Oeste).

Ainda relativamente à figura anterior, e tendo em conta os perfis geológicos elaborados, a distribuição espacial dos caudais parece indicar uma clara tendência de valores mais elevados para as áreas onde existe uma maior espessura do complexo gresoso.

4.3.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS

A determinação dos parâmetros hidráulicos foi efetuada com recurso a dados de ensaios de caudal e a partir da utilização de equações simples e que têm por base o caudal de ensaio e/ou de exploração, o rebaixamento e a espessura saturada. A partir da interpretação de ensaios de caudal calcularam-se os valores de transmissividade, enquanto pelas equações simples obteve-se valores de caudal específico, transmissividade e condutividade hidráulica.

No que respeita aos ensaios de caudal, consideramos importante salientar que foram realizados em nove captações do tipo furo aquando da sua construção. Estes dados foram cedidos pela empresa de sondagem responsável pela construção dos mesmos (Renato Azenha, Lda.). Salientamos ainda que:

- De um modo geral todos os ensaios de caudal tiveram uma duração superior a 20 horas, com exceção de uma captação onde teve uma duração de 12 horas. Em três captações a duração do ensaio ultrapassou a 30 horas;
- Em seis captações foram efetuados ensaios escalonados, enquanto nas restantes os ensaios foram efetuados a caudal contante.

Para o cálculo dos parâmetros hidráulicos a partir dos dados dos ensaios de caudal e tendo em conta o tipo de ensaio efetuado em cada captação, optou-se pela utilização dos métodos de Jacob (1940) e de ensaios escalonados (Almeida *et al.*, 1989).

Relativamente a estes métodos, consideramos que a descrição metodológica dos mesmos encontra-se amplamente retratada na bibliografia da especialidade, sendo a bibliografia original a que foi referida juntamente com a designação do método. Assim, considera-se que não é necessário apresentar a descrição destes métodos.

Contudo, consideramos também importante referir os motivos que levaram a que fossem estes os métodos selecionados:

- Relativamente ao primeiro método (Jacob, 1940) e como era objetivo aplicarmos em todas as captações com ensaio de caudal, independentemente do tipo de ensaio, considerou-se a sua utilização em detrimento de outros métodos, como por exemplo o de Theis (1935), uma vez que este último é apenas aplicável a ensaios a caudal constante. Salienta-se ainda que o método de Jacob aplica-se ao tipo de aquífero que temos aqui na área de estudo, isto é, predominantemente confinado;
- Relativamente ao segundo método (ensaio escalonado de Almeida *et al.*, 1989), além de ser o mais aconselhável para grande parte das captações, tendo em conta o tipo de ensaio realizado e o facto dos rebaixamentos utilizados terem sido medidos na captação. Este facto parece-nos de extrema importância, uma vez que todos os ensaios que dispomos apresentam apenas medições na própria captação.

A determinação dos parâmetros hidráulicos a partir dos dados dos ensaios de caudal foi efetuada com recurso à aplicação informática *PumpTest*, desenvolvida pelo Professor Costa Almeida (Almeida, 2005). O *PumpTest* é um programa destinado à interpretação automática de ensaios de bombagem. A interpretação é feita a partir da leitura de um ficheiro contendo as observações efetuadas durante o ensaio (pares tempos/rebaixamentos) sendo as restantes informações (caudais, etc.) fornecidas durante a execução (Almeida, 2005).

No que respeita à transmissividade foram obtidos os resultados constantes no quadro seguinte (Quadro 4).

Quadro 4 – Valores de transmissividade obtidos com recurso ao programa *Pumptest* (Almeida, 2005).

Transmissividade pelo Método de Jacob (m ² /dia)			
Mediana	Média	Máximo	Mínimo
9,60	13,53	32,90	0,70
Transmissividade pelo método dos ensaios escalonados (m ² /dia)			
Mediana	Média	Máximo	Mínimo
11,15	13,12	34,30	0,20

Com a utilização de equações simples, foram ainda obtidos valores para o caudal específico, transmissividade e condutividade hidráulica (Quadro 5). Estes cálculos incidiram sobre 49 captações que possuíam todos os dados indispensáveis à aplicação correta das equações. As equações referidas são as seguintes:

- Determinação do caudal específico:

$$q = \frac{Q}{s}$$

Onde: Q – caudal de exploração (L/s); s – rebaixamento medido com o nível estabilizado (m)

- Determinação da transmissividade (método de Logan):

$$T = 1,22 \times \frac{Q}{s}$$

Onde: Q – caudal de exploração (m³/dia); s – rebaixamento medido com o nível estabilizado (m)

- Determinação da condutividade hidráulica:

$$K = \frac{T}{b}$$

Onde: T – transmissividade (m²/dia); b – espessura saturada (m) (este valor corresponde à diferença entre a profundidade da captação e a profundidade do NHE)

Quadro 5 – Valores obtidos para o caudal específico, transmissividade e condutividade hidráulica.

Captação (ID)	Qs (L/s/m)	T (m ² /dia)	K (m/dia)	Captação (ID)	Qs (L/s/m)	T (m ² /dia)	K (m/dia)
1	0,07	7,43	0,04	134	0,13	13,78	0,08
2	0,29	30,19	0,19	135	0,11	11,88	0,06
16	0,02	2,20	0,02	136	0,09	9,61	0,05
30	0,11	11,09	0,06	137	0,18	19,42	0,11
31	0,10	11,06	0,06	138	0,05	5,40	0,03

Captação (ID)	Qs (L/s/m)	T (m ² /dia)	K (m/dia)	Captação (ID)	Qs (L/s/m)	T (m ² /dia)	K (m/dia)
40	0,05	4,82	0,07	139	0,05	4,88	0,09
41	0,04	4,22	0,09	148	0,12	13,09	0,07
53	0,05	5,04	0,11	149	0,17	17,84	0,10
54	0,07	7,52	0,04	150	0,22	23,42	0,12
59	0,20	21,02	0,13	151	0,15	15,87	0,08
60	0,11	11,88	0,06	164	0,01	1,05	0,02
111	0,05	4,82	0,09	165	0,12	12,55	0,12
112	0,09	9,20	0,18	185	0,04	3,76	0,05
113	0,02	2,30	0,04	186	0,02	2,28	0,03
114	0,02	2,30	0,04	7 (SM17)	0,08	8,66	0,05
115	0,02	2,19	0,02	8 (SM18)	0,18	18,66	0,11
116	0,14	14,64	0,34	11 (JK2)	0,63	66,73	0,38
119	0,42	44,60	1,44	12 (SP2)	0,11	11,79	0,06
123	0,04	4,64	0,14	13 (RA1)	0,10	10,22	0,08
126	0,04	4,39	0,05	14 (RA2)	0,03	3,13	0,02
127	0,09	9,17	0,06	15 (RA5)	0,03	3,61	0,02
130	0,03	3,41	0,06	17 (RA7)	0,26	27,74	0,19
131	0,11	11,66	0,08	18 (JK4)	0,56	58,86	0,35
132	0,10	10,10	0,06	16 (RA4)	0,02	2,23	0,01
133	0,20	20,62	0,11	-	-	-	-

No quadro seguinte (Quadro 6) apresentam as principais estatísticas do caudal específico, transmissividade e condutividade hidráulica, tendo em conta os valores apresentados por captação.

Quadro 6 – Principais estatísticas do caudal específico, transmissividade e condutividade hidráulica.

Caudal específico (L/s/m)			
Mediana	Média	Máximo	Mínimo
0,09	0,12	0,63	0,01
Transmissividade (m ² /dia)			
Mediana	Média	Máximo	Mínimo
9,61	12,80	66,73	1,05
Condutividade hidráulica (m/dia)			
Mediana	Média	Máximo	Mínimo
0,07	0,12	1,44	0,01

No que respeita à transmissividade os valores médios e medianas obtidos quer com ensaios de caudal quer com as equações simples, são muito semelhantes, revelando que estamos em presença de um aquífero com uma transmissividade baixa.

À semelhança do verificado no tratamento estatístico dos caudais de exploração, os valores de transmissividade indicados em INAG (1997) e DRAOT-LVT (2001) (30 e 70m²/dia), calculados a partir de caudais específicos de quatro captações, enquadram-se nos valores agora obtidos.

A gama de valores obtida para a condutividade hidráulica permite-nos classificar este aquífero como tendo uma condutividade hidráulica baixa.

Por último, apesar de não ter sido possível calcular valores de coeficiente de armazenamento, através do conhecimento da litologia associada aos grés do Cretácico inferior e tendo em conta tratar-se de um aquífero predominantemente confinado a semi-confinado, podemos atribuir um coeficiente de armazenamento que varia entre 10^{-3} e 10^{-5} (Custodio & Llamas, 1976).

5. HIDROQUÍMICA

As características químicas da água subterrânea refletem os meios por onde a água circula, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridos ao longo do seu trajeto, consequência da grande capacidade de dissolução da água e da sua elevada reatividade.

A composição físico-química da água subterrânea pode ser influenciada quer por fatores naturais, nomeadamente os processos de evaporação, adsorção, oxidação, etc., quer por fatores antropogénicos, relacionados principalmente com práticas agrícolas, atividade industrial e com a própria ocupação humana. Estes fatores antropogénicos são os responsáveis pelo aumento da concentração natural de sais (sulfatos, nitratos, etc.) ou pela introdução no meio hídrico de novas substâncias (pesticidas, fertilizantes, metais pesados, etc.)

Assim, com a análise apresentada de seguida, pretende-se conhecer as características hidroquímicas da água subterrânea existente na área de estudo. Esta análise incidiu sobre:

- A concentração dos parâmetros analisados em cada captação amostrada;
- Índices hidrogeoquímicos;
- fácies hidroquímica;
- Qualidade da água para consumo humano;
- Interações água-rocha, através da análise dos estados de equilíbrio água-rocha.

5.1 RESULTADOS

Tal como referido no Capítulo 3, foram efetuadas quatro campanhas de campo, distribuídas pelos meses de maio, junho e agosto de 2013. Para o desenvolvimento dos trabalhos de campo foram selecionadas 22 captações de água subterrânea (cuja localização se encontra representada na Figura 26), sendo 20 do tipo furo vertical, uma nascente e um poço.

Durante os trabalhos de campo foram efetuados registos *in situ* da condutividade elétrica, do potencial redox, do pH e da temperatura, e recolhidas amostras de água com vista à determinação laboratorial de parâmetros físico-químicos.

No Quadro 7 são apresentados os resultados dos parâmetros medidos *in situ*, enquanto nos Quadros 8, 9 e 10 se encontram os resultados das análises laboratoriais e respetivos erros de balanço.

Quadro 7 – Parâmetros obtidos durante as campanhas de campo.

Captação (ID)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	eH (mV)	pH	T ($^{\circ}\text{C}$)
18 (JK4)	269,2	151	7,07	17,7
11 (JK2)	253,4	-	7,55	18,8
17 (RA7)	274,1	198	6,49	19

Captação (ID)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	eH (mV)	pH	T ($^{\circ}\text{C}$)
12 (SP2)	599,5	230	6,52	18,8
14 (RA2)	756,1	182	6,61	19
15 (RA5)	1033	80	7,03	19,2
7 (SM17)	808	120,9	7,49	18,6
8 (SM18)	530,5	126,2	6,8	18,2
127	352	172,2	6,15	20,2
134	513,3	160,7	6,8	20
136	283,3	237,5	6,29	19,6
132	535,6	169,2	7,09	19,1
1	542,3	129,3	6,56	20,7
76	599,1	255,1	6,31	18,5
190P	1890,1	184,6	7,75	20,4
190F	1688	148,3	6,78	19,1
144	337	253	6,42	21,2
128	374,6	206	6,53	19,4
Nascente	1134	92,1	6,44	19,2
160	717,7	186	6,77	20,3
143	401	263	6,76	20,2
152	401,6	268	6,4	18,2

No que respeita aos resultados obtidos em laboratório, consideramos importante salientar que:

- Devido a alguns constrangimentos ocorridos durante a realização dos trabalhos, que levaram à realização de análises em dois laboratórios, os parâmetros analisados nas captações com os ID11(JK2), 12(SP2), 14(RA2), 15(RA5), 17(RA7) e 18(JK4) não correspondem totalmente aos determinados nas restantes captações;
- As concentrações de sulfato obtidas nas amostras das captações ID12(SP2), 14(RA2), 15(RA5), 17(RA7) e 18(JK4) foram excluídas, devido a erros no procedimento laboratorial. Assim, optámos por utilizar como concentração deste ião o valor médio obtido a partir da análise do histórico da qualidade da água, referente ao ano de 2011, cedido pela CM Óbidos;
- A maioria dos erros de balanço calculados enquadram-se na gama de valores normalmente aceite, isto é, entre 0 e 10% (Bittencourt & Hindi, 2000). Excetuam-se os valores obtidos para as amostras correspondentes às captações ID12(JK2), 17(RA7) e 18(JK4), que não foram no entanto excluídas por serem as únicas existentes na parte mais central da área de estudo.

Quadro 8 – Resultados obtidos em laboratório para a Alcalinidade total, Mineralização total e Sílica dissolvida.

Parâmetros		Alcalinidade total	Mineralização total	Sílica
Unidades		mg/l	mg/l	mg/l
Captações (ID)	127	33,3	214	9,9
	132	152	416	13
	134	138	396	8,2
	136	96,5	288	14
	7 (SM17)	293	643	11
	8 (SM18)	109	344	12
	11 (JK2)	58	-	-
	12 (SP2)	133	-	-
	14 (RA2)	132	-	-
	15 (RA5)	184	-	-
	17 (RA7)	44	-	-
	18 (JK4)	45,5	-	-
	1	66,4	332	13
	160	168	572	10
	143	93,3	292	16
	144	106	332	11
	128	136	365	16
	76	14,3	323	15
	190F	150	1200	15
	152	45,1	242	16
	190P	210	1400	17
	Nascente	43,4	598	8,4

Quadro 9 – Resultados obtidos em laboratório para aniões.

Parâmetros		Nitrato		Nitrito		Sulfato		Brometo		Bicarbonato		Cloreto		Fluoreto	
Unidades		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Captações (ID)	127 (Furo 2)	4,2	0,07	<0,3	-	16	0,33	-	-	40,6	0,66	80	2,26	<0,1	-
	132 (Furo 9)	0,7	0,01	<0,01	-	10	0,21	-	-	186	3,04	86	2,43	0,2	0,01
	134 (Furo 5)	0,3	-	<0,3	-	13	0,27	-	-	168	2,76	91	2,57	0,2	0,01
	136 (Furo 3)	3,5	0,06	<0,01	-	13	0,27	-	-	117	1,92	62	1,75	<0,1	-
	7 (SM17)	<0,3	-	<0,3	-	14	0,29	-	-	357	5,85	85	2,40	0,6	0,03
	8 (SM18)	<0,3	-	<0,3	-	10	0,21	-	-	133	2,19	89	2,51	<0,1	-
	11 (JK2)	<LQ	-	<LQ	-	-	-	<LQ	-	70,6	1,16	72,27	2,04	<LQ	-
	12 (SP2)	13,5	0,22	<LQ	-	32,75	0,68	<LQ	-	162,26	2,66	93,21	2,63	<LQ	-
	14 (RA2)	22,55	0,36	<LQ	-	16,5	0,34	0,48	0,006	161,2	2,64	95,41	2,69	<LQ	-
	15 (RA5)	12,01	0,19	<LQ	-	24,25	0,51	0,85	0,011	224,48	3,68	114,84	3,23	<LQ	-
	17 (RA7)	13,81	0,22	<LQ	-	8	0,17	<LQ	-	53,68	0,88	62,82	1,77	<LQ	-
	18 (JK4)	13,1	0,21	<LQ	-	9,9	0,21	<LQ	-	55,51	0,91	65,78	1,86	<LQ	-
	1	1,9	0,03	<0,01	-	18	0,38	-	-	80,9	1,33	114	3,22	0,1	0,01
	160	11	0,18	<0,01	-	51	1,06	-	-	205	3,36	101	2,85	0,1	0,01
	143	2,1	0,03	<0,01	-	11	0,23	-	-	114	1,86	65	1,83	0,1	0,01
	144	12	0,19	<0,01	-	18	0,38	-	-	130	2,13	70	1,97	<0,1	-
	128	1,4	0,02	0,068	-	14	0,29	-	-	166	2,71	69	1,95	0,1	0,01
	76	4,9	0,08	<0,01	-	31	0,65	-	-	17,5	0,29	146	4,12	<0,1	-
	190F	328	5,29	<0,01	-	181	3,77	-	-	183	3,00	158	4,46	<0,2	-
	152	5,2	0,08	<0,01	-	18	0,38	-	-	55	0,90	76	2,14	<0,1	-
	190P	400	6,45	<0,01	-	181	3,77	-	-	256	4,20	166	4,68	<0,2	-
	Nascente	0,8	0,01	<0,3	-	31	0,65	-	-	52,9	0,87	298	8,41	<0,1	-

Quadro 10 – Resultados obtidos em laboratório para catiões e valor do erro de balanço da análise.

Parâmetros		Azoto Amoniacal		Cálcio		Ferro		Magnésio		Potássio		Sódio		ERB (%)
Unidades		mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	
Captações (ID)	127 (Furo 2)	<0,05	-	9,6	0,48	<0,03	-	6,8	0,56	3,8	0,10	43	1,87	4,9
	132 (Furo 9)	<0,05	-	30,0	1,50	1,4	0,05	3,9	0,32	6,6	0,17	79	3,44	2,0
	134 (Furo 5)	<0,05	-	33,0	1,65	<0,03	-	5	0,41	5,8	0,15	71	3,09	2,8
	136 (Furo 3)	<0,05	-	33	1,65	<0,03	-	5,2	0,43	3,6	0,09	36	1,57	3,4
	7 (SM17)	<0,05	-	28	1,4	<0,03	-	8,8	0,72	5,2	0,13	134	5,83	2,9
	8 (SM18)	<0,05	-	23	1,15	0,13	-	8,7	0,72	7,3	0,19	60	2,61	2,5
	11 (JK2)	-	-	4	0,20	-	-	2,42	0,20	2,03	0,05	32,95	1,43	26,0
	12 (SP2)	-	-	16	0,80	0,01	0,0004	4,86	0,40	11,44	0,29	106,6	4,64	0,5
	14 (RA2)	-	-	12	0,60	0,01	0,0004	4,86	0,40	7,86	0,20	122,2	5,32	3,9
	15 (RA5)	-	-	36	1,79	0,24	0,0086	19,43	1,60	11,32	0,29	109,2	4,75	5,1
	17 (RA7)	-	-	2	0,10	0,005	0,0002	3,64	0,30	4	0,10	34,55	1,50	20,6
	18 (JK4)	-	-	8	0,40	-	-	4,86	0,40	1,64	0,04	32,1	1,40	17,5
	1	<0,05	-	8,7	0,43	0,06	-	6,6	0,54	10,3	0,26	78	3,29	3,6
	160	<0,05	-	69	3,44	<0,03	-	12,3	1,01	10	0,26	58	2,52	1,6
	143	<0,05	-	28	1,40	<0,03	-	3,8	0,31	8,1	0,21	44	1,91	1,7
	144	<0,05	-	44	2,20	<0,03	-	7,5	0,62	3,3	0,08	37	1,61	1,7
	128	<0,05	-	38	1,90	0,04	-	4	0,33	6,7	0,17	50	2,17	4,3
	76	<0,05	-	9	0,45	<0,03	-	9,1	0,75	11,8	0,30	79	3,44	2,0
	190F	<0,05	-	169	8,43	0,12	-	31	2,55	23	0,59	104	4,52	1,3
	152	<0,05	-	15,9	0,79	<0,03	-	6	0,49	9,8	0,25	40	1,74	3,4
	190P	<0,1	-	197	9,83	<0,03	-	35	2,88	56	1,43	92	4,00	2,6
	Nascente	<0,3	-	27	1,35	8	0,29	16	1,32	4,7	0,12	151	6,57	1,5

Após a apresentação dos resultados obtidos quer no campo quer em laboratório, optámos pela elaboração de um quadro (Quadro 11) com as principais estatísticas descritivas (média, mediana, máximo e mínimo) dos parâmetros considerados nos quadros anteriores. Ainda relativamente ao Quadro 11, importa salientar que:

- Não se apresentam quaisquer estatísticas descritivas para o ião nitrito (com exceção do valor máximo) e azoto amoniacal, uma vez que praticamente todos os valores obtidos são abaixo do limite de quantificação;
- No caso do brometo apenas são apresentados os valores máximo e mínimo, uma vez que este parâmetro apenas foi detetado em duas captações.

Quadro 11 – Estatísticas descritivas dos resultados analíticos obtidos.

Parâmetros		Média	Mediana	Máximo	Mínimo
Físico-químicos	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	649,7	533,1	1890,1	253,4
	Eh (mV)	181,6	182,0	268,0	80,0
	pH	6,8	6,7	7,8	6,2
	Alcalinidade total (mg/l)	111,4	107,5	293,0	14,3
	Mineralização total (mg/l)	497,3	354,5	1400,0	214,0
	Sílica (mg/l)	12,8	13,0	17,0	8,2
Aniões	Nitrato (mg/l)	44,8	5,2	400,0	0,3
	Nitrito (mg/l)	-	-	0,068	-
	Sulfato (mg/l)	34,4	16,5	181,0	8,0
	Brometo (mg/l)	-	-	0,9	0,5
	Bicarbonato (mg/l)	135,9	131,5	357,0	17,5
	Cloreto (mg/l)	102,7	87,5	298,0	62,0
	Fluoreto (mg/l)	0,2	0,1	0,6	0,1
Catiões	Azoto Amoniacal (mg/l)	-	-	-	-
	Cálcio (mg/l)	38,2	27,5	197,0	2,0
	Ferro (mg/l)	1,0	0,1	8,0	0,0
	Magnésio (mg/l)	9,5	6,3	35,0	2,4
	Potássio (mg/l)	9,7	7,0	56,0	1,6
	Sódio (mg/l)	72,4	65,5	151,0	32,1

5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Como podemos constatar pelas estatísticas apresentadas no quadro anterior e mais concretamente pela mediana obtida para cada parâmetro, a água subterrânea da área de estudo apresenta, em geral, mineralização média, pH abaixo de 7, predominando o cloreto e o bicarbonato nos aniões, enquanto nos catiões prevalece o sódio, e, por vezes, o magnésio e/ou cálcio.

As concentrações em sílica são relativamente reduzidas comparativamente ao valor limite indicado em para as águas naturais, designadamente 40 mg/L (Custodio & Llamas, 1976). Tendo em conta a constituição predominantemente arenítica dos grés do Cretácico inferior, pensamos

que estes valores podem estar influenciados por tempos de residência bastante reduzidos ou pela presença de areias quártzicas de difícil dissolução.

No entanto, foram identificadas concentrações anómalas em alguns iões e que, por isso, considerámos importante estudar mais aprofundadamente a sua origem, tentando perceber se é de origem natural ou resultado da ocupação humana existente na área de estudo. Alguns dos valores em questão dizem respeito aos iões nitrato, sulfato, cloreto, cálcio, ferro, magnésio e potássio.

Aliás, se analisarmos a matriz de correlações apresentada de seguida (Quadro 12), elaborada com o Excel, podemos constatar que a maior parte dos iões indicados no parágrafo anterior apresentam, entre si, coeficientes de correlação (r) fortes ($0,60 < r < 0,80$) e muito fortes ($r > 0,80$) (Franzblau, 1958).

Os valores $0,60 < r < 0,80$ e $r > 0,80$ entre os iões nitrato, sulfato, cloretos, magnésio, cálcio e potássio parecem apontar para uma clara contribuição das ações antropogénicas, em especial as práticas agrícolas, uma vez que são normais constituintes de fertilizantes. Cita-se a título de exemplo o cálcio utilizado como corretivo agrícola para aumentar o pH do solo e o potássio e/ou nitrato empregados como fertilizantes.

A sustentar esta hipótese estão as captações ID190P e ID190F que apresentam as concentrações mais elevadas nestes iões e que se localizam numa área onde existem práticas agrícolas intensivas, tal como já referido anteriormente. Existem ainda exemplos de outras captações (ID12 (SP2), ID15 (RA5), ID1, ID160 e ID76), contudo com concentrações mais reduzidas, que estão inseridas onde a pressão da ocupação humana se faz sentir de forma intensa, através de campos de golfe e aldeamentos turísticos. Destas captações, salienta-se a ID160 que apesar de não estar localizada junto de campos de golfe ou de práticas agrícolas intensivas, encontra-se soterrada no seio de uma extensa área relvada, sendo de supor que pela “boca da captação” se infiltrem águas da rega contaminadas com os químicos utilizados na manutenção da relva.

Quadro 12 – Matriz de correlações entre aniões, catiões, pH, condutividade elétrica e sílica.

Parâmetros	Condutividade	pH	Nitrato	Sulfato	Bicarbonato	Cloreto	Cálcio	Ferro	Magnésio	Potássio	Sódio	Sílica
Condutividade												
pH	0,404											
Nitrato	0,842	0,413										
Sulfato	0,883	0,422	0,974									
Bicarbonato	0,496	0,600	0,341	0,328								
Cloreto	0,679	0,007	0,354	0,439	-0,033							
Cálcio	0,849	0,406	0,947	0,957	0,486	0,357						
Ferro	0,232	-0,107	-0,098	-0,036	-0,228	0,816	-0,07					
Magnésio	0,949	0,358	0,879	0,916	0,395	0,603	0,896	0,140				
Potássio	0,812	0,441	0,894	0,863	0,383	0,359	0,857	-0,129	0,823			
Sódio	0,665	0,192	0,226	0,281	0,479	0,691	0,232	0,504	0,448	0,267		
Sílica	0,192	0,164	0,439	0,374	0,001	-0,201	0,361	-0,408	0,240	0,510	-0,266	

Legenda: 0,60<r<0,80 a vermelho e r>0,80 a azul

Apesar de já termos concluído acima a influência das atividades antropogénicas na qualidade da água subterrânea de algumas captações amostradas, pensamos que é necessário tecer algumas considerações relativamente às concentrações anómalas obtidas para os parâmetros nitratos (captações ID190P e ID190F), o ferro total e os cloretos (captação IDNascente). Assim:

- Relativamente às elevadas concentrações de nitratos registadas nas captações ID190P e ID190F (400mg/L e 328mg/L, respetivamente), é claro que estão associadas às más práticas agrícolas, contudo, pensamos que é importante referir o seguinte:
 - A zona onde se localizam estas práticas agrícolas é constituída pelos terrenos arenosos da extensa área de duna existente entre Ferrel e a Praia D'EL Rei. Tendo em conta a elevada permeabilidade associada a estes terrenos, pensamos que as más práticas agrícolas são resultantes da utilização excessiva de fertilizantes, de forma a compensar a fraca retenção de azoto e/ou outros nutrientes, essenciais para o desenvolvimento das culturas. Verifica-se que estes químicos são aplicados na área de influência dos poços utilizados para rega, provocando a contaminação da água captada que, por sua vez, é novamente utilizada para rega com concentrações elevadas destas substâncias. Esta situação poderá também justificar as elevadas concentrações de outros iões aqui existentes, como por exemplo o cálcio e o potássio;
 - No caso da captação ID190F, do tipo furo vertical, a concentração indicada pode estar associada a um mau isolamento dos primeiros metros da captação, o que permite a entrada de águas provenientes das dunas contaminadas com nitratos.
- Na captação IDNascente encontramos as concentrações mais elevadas em cloretos e ferro total, verificando-se que são muito superiores às observadas na restante área de estudo. No que respeita aos cloretos, e tendo em conta quer a inexistência de ocupação humana quer o facto desta nascente se encontrar próxima do contacto entre as dunas e o Cretácico, pensamos que a concentração poderá estar associada à lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar. Por outro lado, outra hipótese que se afigura como provável para a origem desta concentração, assim como para o valor de ferro determinado, é a existência de níveis espessos de matéria orgânica depositados em meio lagunar antigo, o que pressupõe também a existência de água salgada ou salobra. Em Benedetti *et al.* (2009) são identificados a S do Gronho vários locais que poderão corresponder a antigos braços de mar ou da Lagoa de Óbidos, onde estariam reunidas as condições para a deposição dos níveis atrás referidos e a criação de ambientes redutores. A corroborar ainda esta hipótese existe o valor $r > 0,80$ entre os cloretos e o ferro.

Por último, em termos de distribuição espacial, salientam-se as seguintes situações:

- As captações onde se registam as maiores mineralizações e concentrações de iões associados a contaminação encontram-se em zonas litorais, onde ocorre a lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, e/ou onde a ocupação humana se faz sentir de forma intensa, nomeadamente através de práticas agrícolas intensivas e, eventualmente, através de campos de golfe e aldeamentos turísticos;

- Apesar do aquífero contactar com o mar e com a água salgada ou salobra da Lagoa de Óbidos, a composição química das águas amostradas não evidencia fenómenos de intrusão salina no aquífero, nem permite identificar a posição da cunha salina ao longo do litoral.

5.3 ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

As relações entre os iões dissolvidos numa água podem depender da interação água/rocha, indicando características específicas da solução, a ação de fenómenos modificadores nos processos geoquímicos (Custodio & Llamas, 1976), ou a ocorrência de mistura de águas. Podem-se estabelecer muitas relações cuja utilidade é função do problema a estudar e que se designam normalmente por índices hidrogeoquímicos.

No quadro seguinte (Quadro 13) apresentam-se os valores calculados para vários índices hidrogeoquímicos, que permitiram complementar a caracterização efetuada no capítulo anterior.

Quadro 13 – Índices hidrogeoquímicos calculados para as amostras recolhidas na área de estudo.

Captação (ID)	rMg^{2+}/rCa^{2+}	$rCl^-/rHCO_3^-$	rK^+/rNa^+	rSO_4^{2-}/rCl^-
127	1,167	3,424	0,053	0,146
132	0,213	0,799	0,049	0,086
134	0,248	0,931	0,049	0,105
136	0,261	0,911	0,057	0,154
7 (SM17)	0,514	0,410	0,022	0,121
8 (SM18)	0,626	1,146	0,073	0,084
11 (JK2)	1,000	1,759	0,035	-
12 (SP2)	0,500	0,989	0,063	0,259
14 (RA2)	0,667	1,019	0,038	0,126
15 (RA5)	0,894	0,878	0,061	0,158
17 (RA7)	3,000	2,011	0,067	0,096
18 (JK4)	1,000	2,044	0,029	0,113
1	1,256	2,421	0,079	0,118
160	0,294	0,848	0,103	0,372
143	0,221	0,984	0,110	0,126
144	0,282	0,925	0,050	0,193
128	0,174	0,720	0,078	0,149
76	1,667	14,207	0,087	0,158
190F	0,302	1,487	0,131	0,845
152	0,620	2,378	0,144	0,178
190P	0,293	1,114	0,358	0,806

De acordo com os resultados obtidos e tendo em conta os limites referidos em Custodio & Llamas (1976) para cada um destes índices, as amostras analisadas correspondem, de um modo geral, a

águas continentais (índice rMg^{2+}/rCa^{2+} entre 0,3 e 1,5; índice $Cl^-/rHCO_3^-$ entre 0,1 e 5) e doces (índice rK^+/rNa^+ entre 0.001 e 1).

No entanto, são identificados valores nos índices rMg^{2+}/rCa^{2+} , $Cl^-/rHCO_3^-$ e rSO_4^{2-}/Cl^- que ultrapassam os limites indicados em Custodio & Llamas (1976) e que consideramos importante aprofundar a sua origem.

No índice rMg^{2+}/rCa^{2+} foram identificadas duas amostras (captações 17(RA7) e ID76) cujo índice obtido ultrapassa o valor limite do intervalo referido para águas continentais. Apesar disso e não tendo sido identificados indícios de intrusão salina, pensamos que estas duas amostras poderão refletir uma eventual contaminação antropogénica ou a composição litológica dos níveis captados, uma vez que:

- São captações que se localizam junto de campos de golfe, onde a utilização de fertilizantes e outros químicos é prática recorrente na manutenção dos mesmos;
- Segundo Custodio & Llamas (1976), valores superiores a 1 podem estar relacionados com rochas básicas, tendo sido identificados em afloramento juntos destas captações vários níveis mais grosseiros ou mesmo conglomeráticos onde abundavam clastos deste tipo de rochas.

Relativamente ao índice $Cl^-/rHCO_3^-$, as amostras correspondentes às captações ID 76 e IDNascente apresentam valores muito elevados comparativamente ao limite indicado em Custodio & Llamas (1976) para águas continentais. Segundo Geta *et al*, (1988), o rápido aumento deste índice é um excelente indicador para a existência de intrusão salina, dado o reduzido conteúdo em bicarbonato apresentado pela água do mar.

Contudo, pensamos que estes valores não estão associados a intrusão salina. Assim, e tendo em conta que a captação ID76 está implantada em sedimentos de duna e que a captação ID Nascente se localiza muito próxima do contacto entre a duna e o Cretácico, é de supor que a origem do cloreto seja a lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar.

No que respeita aos índices rSO_4^{2-}/Cl^- e rK^+/rNa^+ , importa referir que os valores mais elevados estão associados às captações ID190P e ID190F. Este facto não é de estranhar, uma vez que, tal como já referido no capítulo anterior, a composição química destas águas está claramente influenciada pelas atividades antropogénicas aqui existentes, mais concretamente as práticas agrícolas intensivas. Estas atividades são responsáveis pelas concentrações anómalas aqui verificadas em alguns iões, tais como os nitratos, cálcio, sulfatos e potássio.

Assim, podemos concluir, à semelhança do verificado no capítulo anterior, que a grande maioria das amostras corresponde a águas com composição típica destes meios geológicos (grés do Cretácico inferior), sendo que as exceções são consequência quer da atividade antropogénica quer da possível lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar.

5.4 FÁCIES HIDROQUÍMICA

A fácies hidroquímica de uma água subterrânea constitui o resultado das relações iônicas entre as fases sólida (mineral) e líquida (água), revelando os iões predominantes na composição da água e depende, fundamentalmente, da composição das rochas por onde circula.

Nos estudos realizados sobre a área em estudo (INAG, 1997; DRAOT-LVT, 2001) não foi efetuada caracterização hidroquímica, devido à inexistência de dados.

Para a caracterização da fácies hidroquímica neste estudo foram utilizadas as amostras de água colhidas em 22 captações de água subterrânea, tal como referido no Capítulo 3. Os resultados das análises foram posteriormente projetados em diagramas *Stiff* e *Piper*.

Enquanto no diagrama de *Piper* se representa uma amostra com a projeção de um ponto para os catiões, outro para os aniões e um outro para os pares catiões/aniões, no diagrama de *Stiff* é expressa a relação entre os iões principais e a mineralização total através da representação de um polígono com catiões do lado esquerdo e aniões do lado direito, sendo a forma do polígono dependente dos catiões/aniões predominantes.

Pela projeção das amostras em diagramas de *Piper* e *Stiff*, respetivamente Figura 38 e Figura 39, concluímos que a maior parte das águas têm fácies predominantemente bicarbonatada-cloretada sódica, algumas cálcicas, existindo ainda duas amostras com fácies cloretada-sulfatada cálcica.

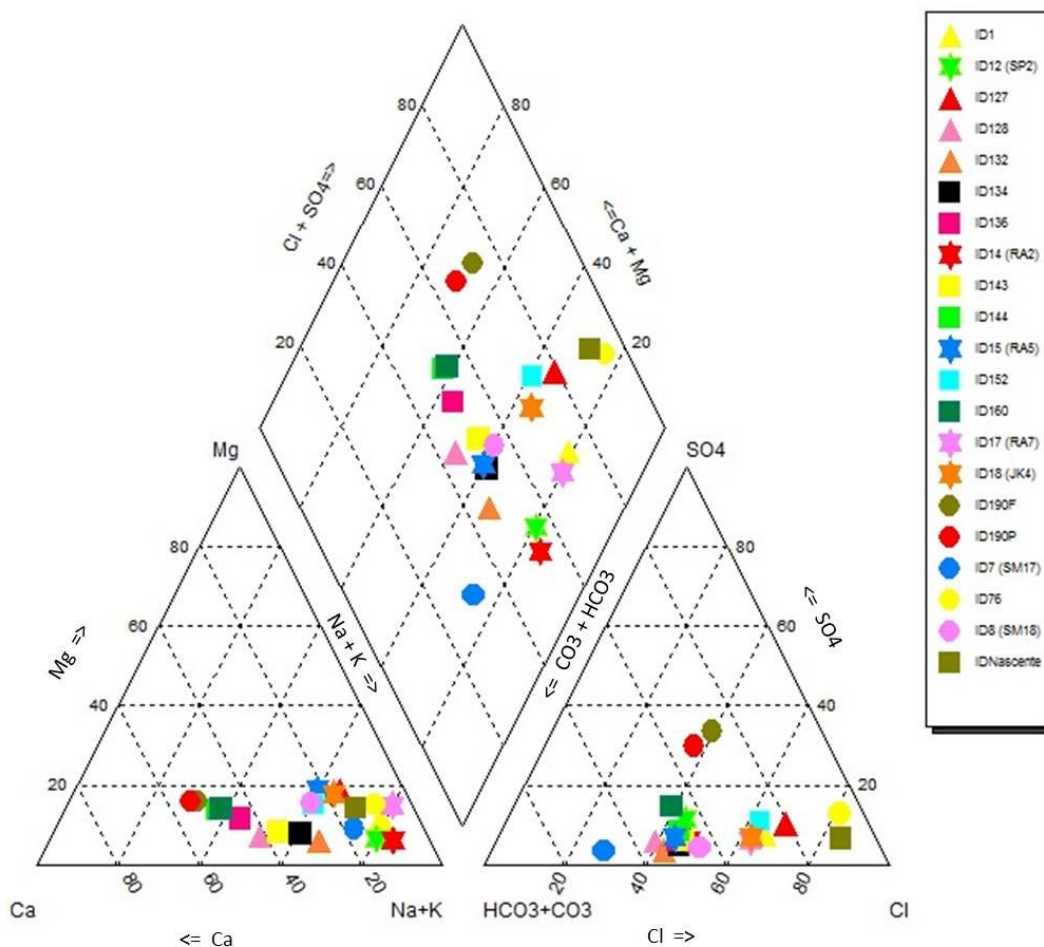


Figura 38 – Diagrama de Piper para as amostras recolhidas na área de estudo, elaborado com o programa AquaChem.

Pelos diagramas de *Stiff*, representados sobre a área de estudo (Figura 39), constatamos que as duas amostras onde se obteve uma fácies cloretada-sulfatada cálcica correspondem às captações ID190P e 190F, onde já se identificou anteriormente uma clara contribuição das práticas antropogénicas na qualidade da água. Cita-se como o exemplo o cálcio, cuja concentração deverá ser diretamente associada ao cálcio utilizado normalmente como corretivo agrícola para aumento do pH do solo.

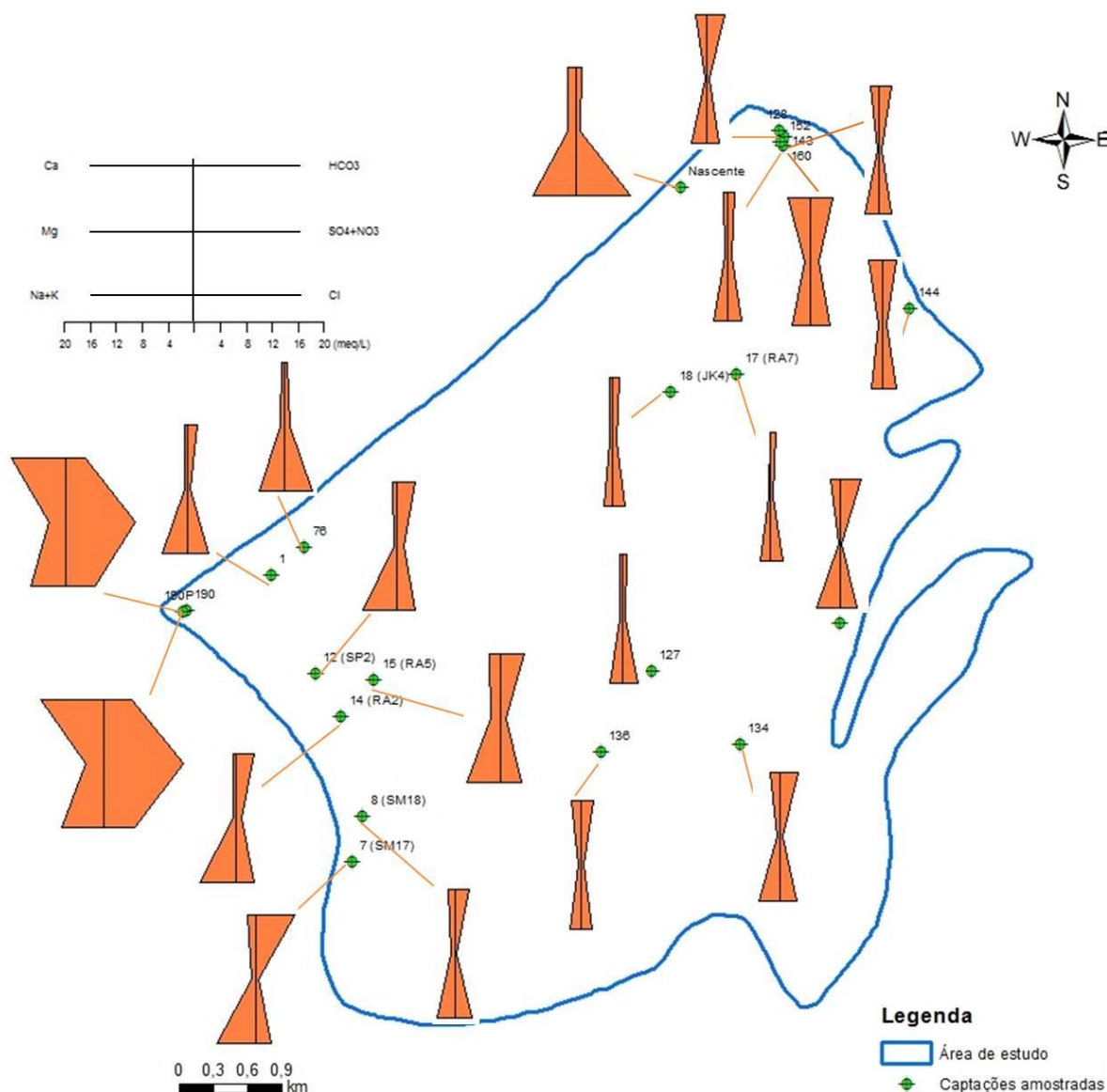


Figura 39 – Diagramas de Stiff para as amostras recolhidas na área de estudo, elaborado com o programa AquaChem.

As fácies hidroquímica agora obtidas vêm corroborar o referido no início do capítulo 5.2, designadamente o facto de predominarem os aniões cloreto e bicarbonato, o sódio e por vezes o cálcio como catiões. Podendo no entanto apresentar concentrações anómalas em cálcio e sulfatos, quando existe uma contribuição antropogénica importante.

5.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A avaliação da qualidade da água subterrânea bruta é enquadrada legalmente pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto. Este diploma estabelece as normas, os critérios e os objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Para os parâmetros de qualidade estabelecidos naquele diploma foram definidos: valores máximos admissíveis (VMA), que indicam os valores de norma de qualidade que não devem ser ultrapassados; valores máximos recomendáveis (VMR), que indicam os valores de norma de qualidade que devem ser respeitados ou não excedidos; e valores limite de emissão (VLE) que indicam o valor da concentração de determinadas substâncias que não podem ser excedidos por descarga no meio aquático.

Quando considerado o uso para consumo humano (uso mais exigente em termos de qualidade), a água deve satisfazer um conjunto de condições relativamente a parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. No caso de águas destinadas a produção de água para consumo humano, pressupondo um tratamento físico-químico, os valores dos parâmetros de qualidade a serem cumpridos estão estabelecidos no Anexo I daquele diploma e definido o tipo de tratamento a que deve ser sujeita.

A avaliação da qualidade da água para consumo humano na área de estudo é efetuada com recurso quer ao histórico da qualidade da água cedido pela CM Óbidos e SM Peniche quer aos resultados obtidos nas amostras colhidas durante as quatro campanhas de campo efetuadas em 2013.

No que respeita aos dados cedidos pelas duas entidades acima referidas, salienta-se que:

- Correspondem ao controlo analítico na origem efetuado nos anos de 2011 e 2012;
- Estes dados encontram-se no Anexo II (SM Peniche) e III (CM Óbidos);
- De todas as captações destinadas ao abastecimento público existentes na área de estudo, não estão incluídas nestes dados as captações ID11(JK2), ID13(RA1), ID16(RA4) e ID18JK4).

No quadro seguinte (Quadro 14) apresenta-se a análise do histórico da qualidade da água cedido pela CM Óbidos e SM Peniche, tendo em conta os VMR e VMA existentes no Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto. Como se pode constatar, os parâmetros que excedem os valores limites são semelhantes nas várias captações, o que poderá indicar alguma homogeneidade na qualidade da água subterrânea na área de estudo.

No Quadro 15 apresenta-se a análise da qualidade da água para consumo nas captações amostradas neste trabalho, tendo em conta os VMR e VMA considerados no Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto.

Quadro 14 – Parâmetros que excedem o VMA e VMR, de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, com base em dados históricos da qualidade da água cedidos pela CM Óbidos e SM Peniche.

CM Óbidos			SM Peniche		
Captações (ID)	Excedências		Captações (ID)	Excedências	
	VMR	VMA		VMR	VMA
17 (RA7)	-	-	7 (SM 17)	Nitratos, oxigénio dissolvido, azoto amoniacal e bário	-
12 (SP2)	-	-	8 (SM 18)	Nitratos, oxigénio dissolvido, azoto amoniacal, Manganês e bário	-
14 (RA2)	Manganês e cloretos	-	-	-	-
15 (RA5)	Condutividade, manganês, azoto amoniacal, ferro e cloretos	-	-	-	-

Quadro 15 – Parâmetros que excedem os VMA e VMR, de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, nas amostras recolhidas neste estudo.

Captação (ID)	Excedências	
	VMR	VMA
18 (JK4)	Sulfatos	-
11 (JK2)	-	Sulfatos
17 (RA7)	pH	-
12 (SP2)	-	Sulfatos
14 (RA2)	-	Sulfatos
15 (RA5)	Condutividade elétrica, ferro	Sulfatos
7 (SM17)	-	-
8 (SM18)	Ferro	-
127	pH	-
134	-	-
136	pH	-
132	-	Ferro
1	-	-
76	pH	-
190P	Condutividade elétrica, nitratos,	-
190F	Condutividade elétrica, nitratos, sulfatos, ferro	-
144	pH	-
128	-	-
Nascente	Condutividade	Ferro

Captação (ID)	Excedências	
	VMR	VMA
	elétrica, pH, cloretos	
160	-	-
143	-	-
152	pH	-

Considerando a avaliação efetuada nos quadros anteriores, concluímos que, de um modo geral, a água subterrânea captada na área de estudo apresenta uma qualidade para consumo humano inferior à categoria A1.

Por último e no que respeita às excedências verificadas no Quadro 8 e Quadro 9, importa tecer algumas considerações:

- Os valores de pH, apesar de inferiores ao VMR considerado no Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, não são preocupantes dado que em INAG (2009) é definido o limiar de 5,5-9 para Portugal Continental. Considerando este novo intervalo, já não se verificam as excedências acima detetadas;
- O bário e manganês podem estar associados aos clastos das rochas provenientes do Maciço Antigo e que são parte integrante nos níveis mais grosseiros;
- As concentrações em ferro poderão estar associadas à existência de níveis espessos de matéria orgânica depositados em meio lagunar antigo, constituindo assim ambientes redutores. Tal como já anteriormente referido, Benedetti *et al.* (2009) identificou a S do Gronho vários locais que poderão corresponder a antigos braços de mar ou da Lagoa de Óbidos, onde estariam reunidas estas condições;
- O azoto amoniacal e os nitratos deverão estar associados às práticas agrícolas intensivas existentes no extremo SW da área de estudo. No caso das captações ID190P e 190F esta associação é perfeitamente plausível, uma vez ambas estão no interior da área onde se realizam as práticas agrícolas;
- Os cloretos deverão ser consequência da lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar.

5.6 EQUILÍBRIO ÁGUA-ROCHA

A composição química de uma água subterrânea está essencialmente relacionada com as interações água-rocha durante o seu percurso. A maior ou menor dissolução dos minerais constituintes das rochas e a precipitação de novos minerais são os principais responsáveis pelo grau e tipo de mineralização presente numa água.

A dissolução e precipitação de minerais são governadas pelo equilíbrio termodinâmico de todos os componentes do sistema hidroquímico. A determinação do estado de equilíbrio de uma água pode dar indicações sobre a origem das espécies envolvidas, permitindo avaliar as características químicas e mineralógicas das rochas através das quais a água circula e, ainda, prever a evolução dos fenómenos de dissolução e precipitação de minerais.

Para a determinação do estado de equilíbrio água/rocha é necessário o conhecimento qualitativo e quantitativo das espécies aquosas presentes na água, acompanhado da avaliação dos índices de saturação desta, relativos aos minerais da rocha.

O cálculo dos índices de saturação para as diversas fases minerais permite inferir o estado termodinâmico da solução e estabelecer hipóteses sobre a possibilidade de dissolução ou precipitação de uma outra fase dentro da solução. Devem-se tomar algumas precauções na interpretação dos resultados, visto estes dependerem de um modelo teórico de solução aquosa e das constantes de equilíbrio dos minerais selecionadas.

O equilíbrio de uma solução com determinada fase sólida pode ser caracterizado pelo seu índice de saturação (IS). Para um sólido de fórmula BbDd, que por dissolução dá origem a b iões B⁺ e d iões D⁻, a expressão de ação de massas será representada por

$$K = \frac{(a_{B^{+}})^b \cdot (a_{D^{-}})^d}{a_{BbDd}}$$

em que a_{BbDd} representa a atividade do sólido, $a_{B^{+}}$ e $a_{D^{-}}$ as atividades dos iões representantes da dissolução e K a constante de equilíbrio termodinâmico da reação.

A atividade dos minerais que exibem uma percentagem inferior a 5 ou 10 de solução sólida pode usualmente ser considerada como igual a 1, sem contudo introduzirmos erros significativos nos cálculos (Helgesson *et al.*, 1970). Assim, a expressão da constante de equilíbrio virá,

$$K = (a_{B^{+}})^b \cdot (a_{D^{-}})^d$$

Considerando Q como o quociente de reação, definido pelo produto das atividades das espécies dissolvidas, e que permite conhecer o estado dessa reação num determinado momento, o índice de saturação (IS) de qualquer fase sólida será dado pela relação entre o quociente de reação e a constante de equilíbrio.

$$IS = Q/K$$

Considera-se que uma água está em equilíbrio com um mineral quando o respetivo índice de saturação está próximo da unidade. Se o índice é maior do que 1, Q é superior à constante de dissolução, encontrando-se a água sobressaturada em relação ao mineral; se o índice é inferior a esse valor, o quociente de reação ainda não atingiu o estado de equilíbrio e a solução encontra-se subsaturada, tendendo a haver dissolução do mineral.

Com recurso ao programa PHREEQC (Parkhurst & Appelo, 1999), foram calculados os IS para as amostras de água subterrânea analisadas, relativamente às fases sólidas anidrite, aragonite, calcite, dolomite, gesso, halite, quartzo, calcedónia e sílica amorfa (Quadro 16).

O programa PHREEQC é frequentemente utilizado para modelação hidrogeoquímica, com o objetivo de calcular as concentrações e atividades das espécies dissolvidas, a partir de dados de análise química, avaliar o estado de equilíbrio da água em relação a um conjunto de minerais, simular reações geoquímicas ao longo de uma linha de fluxo e calcular e prever a composição de uma solução aquosa e as transferências de massa entre aquela e o meio poroso, a determinadas condições de pressão, temperatura, etc. (Parkhurst & Appelo, 1999).

Quadro 16 – Logaritmo dos Índices de Saturação calculados para as amostras recolhidas na área de estudo.

Captação (ID)	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gesso	Halite	Anidrite	Quartzo	Calcedónica	Sílica amorfa
127	-2,78	-2,63	-5,12	-3,09	-7,00	-3,32	0,25	-0,17	-1,03
132	-0,90	-0,75	-2,12	-2,87	-6,72	-3,11	0,39	-0,04	-0,90
134	-1,24	-1,09	-2,71	-2,71	-6,74	-2,95	0,17	-0,25	-1,11
136	-2,08	-1,94	-4,40	-2,67	-7,19	-2,91	0,41	-0,02	-0,88
7 (SM17)	-0,26	-0,11	-0,46	-2,81	-6,51	-3,05	0,32	-0,11	-0,97
8 (SM18)	-1,51	-1,36	-2,89	-2,96	-6,82	-3,20	0,37	-0,07	-0,93
12 (SP2)	-1,97	-1,82	-3,89	-2,63	-6,56	-2,87	1,40	0,97	0,11
14 (RA2)	-1,97	-1,82	-3,76	-3,04	-6,49	-3,28	1,39	0,97	0,10
15 (RA5)	-0,85	-0,70	-1,40	-2,49	-6,47	-2,73	1,54	1,11	0,25
17 (RA7)	-3,33	-3,18	-5,83	-4,02	-7,19	-4,26	0,92	0,49	-0,37
18 (JK4)	-2,00	-1,85	-3,67	-3,35	-7,21	-3,59	0,95	0,52	-0,35
1	-2,42	-2,27	-4,37	-3,11	-6,60	-3,34	0,36	-0,06	-0,92
160	-0,91	-0,76	-1,99	-1,90	-6,80	-2,14	0,25	-0,17	-1,03
143	-1,50	-1,35	-3,29	-2,81	-7,09	-3,05	0,46	0,03	-0,82
144	-1,71	-1,56	-3,60	-2,45	-7,14	-2,69	0,28	-0,14	-0,99
128	-1,54	-1,39	-3,48	-2,60	-7,01	-2,84	0,47	0,04	-0,82
76	-3,49	-3,34	-6,41	-2,88	-6,49	-3,12	0,46	0,03	-0,84
190F	-0,72	-0,57	-1,60	-1,21	-6,41	-1,45	0,45	0,02	-0,84
152	-2,58	-2,44	-5,04	-2,82	-7,05	-3,06	0,49	0,06	-0,81
190P	0,57	0,71	0,97	-1,19	-6,45	-1,43	0,48	0,06	-0,80
Nascente	-2,37	-2,22	-4,40	-2,51	-5,92	-2,75	0,20	-0,23	-1,09

Legenda: a vermelho estão as águas subsaturadas; a azul as águas sobre saturadas

De acordo com os IS obtidos, concluímos que:

- A saturação do quartzo é um claro indicador de que as águas amostradas circulam em grés;
- Os valores obtidos para o IS da calcedónia poderão estar associados aos níveis mais grosseiros onde abundam os clastos provenientes do maciço antigo. Aliás, num afloramento junto da captação ID17(RA7) foram identificados clastos de jaspe, que corresponde a uma variedade de calcedónia vermelha e opaca (Figura 40);
- A subsaturação nas restantes fases minerais, com exceção da sílica amorfa, indica que na área de estudo as águas subterrâneas não circulam por rochas carbonatadas e dolomíticas;
- A saturação das fases minerais aragonite, calcite e dolomite na captação ID190P pode estar associada às práticas agrícolas aqui existentes, através da adição de fertilizantes e outros químicos, ou então à lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar.



Figura 40 – Clasto de jaspe identificado num afloramento junto da captação ID17(RA7).

6. ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE O E H

6.1 CONSIDERAÇÕES GENÉRICAS

Isótopos são átomos do mesmo elemento químico que apresentam um número diferente de neutrões no núcleo, tendo o mesmo número atômico mas diferente massa. Apesar de vários elementos presentes nos sistemas hidrogeológicos apresentarem isótopos, apenas um número reduzido tem importância prática em hidrogeologia.

No estudo de sistemas hidrogeológicos têm sido utilizados distintos tipos de isótopos ambientais – estáveis e radioativos. Os isótopos ambientais, podem ser definidos como aqueles isótopos que ocorrem naturalmente no ambiente. Destes os mais usados em estudos hidrogeológicos são os isótopos estáveis ^2H , ^{18}O , ^{15}N e ^{13}C , assim como os radioisótopos ^3H e ^{14}C (Payne, 1983 *in* Fernandes, 2004). O restante capítulo será dedicado aos isótopos estáveis de ^2H e ^{18}O , uma vez que serão os utilizados no âmbito deste trabalho.

A composição isotópica de alguns constituintes dos fluidos pode dar indicações da possível zona de alimentação de aquíferos, mostrar a existência ou ausência de relações entre águas superficiais e águas subterrâneas, entre diferentes aquíferos, ou a ocorrência de fenómenos de intrusão salina, entre outros.

A propriedade dos isótopos que permite a sua utilização em hidrogeologia é o fracionamento. Segundo Clark & Fritz (1997), o fracionamento isotópico ocorre em qualquer reação termodinâmica devido às diferenças nos tempos de reação existentes nas diferentes espécies moleculares. O resultado é uma desproporção da concentração de um isótopo relativamente a outro numa das fases da reação.

Apesar de o fracionamento isotópico ser influenciado por diversos fatores, a temperatura e a diferença de massas são os parâmetros responsáveis pelas variações de comportamento físico e químico das diferentes espécies isotópicas (Clark & Fritz, 1997).

Os processos de fracionamento isotópico são os responsáveis pelas variações nas razões isotópicas das águas naturais, por estarem dependentes de processos tais como a evaporação, condensação e precipitação (Figura 41) sendo este último processo influenciado pelos efeitos da temperatura, sazonalidade, intensidade de precipitação, altitude e continentalidade (Dansgaard, 1964 *in* Fernandes, 2004).

Os isótopos ambientais estáveis são medidos sob a forma da razão entre os dois isótopos mais abundantes de um dado elemento, sendo utilizados instrumentos bastante preciso, tais como os espectrómetros de massa. A utilização das espécies isotópicas estáveis faz-se sob a forma de diferenças relativas, isto é, através da razão entre a espécie isotópica mais pesada e a mais leve e mais abundante, comparada relativamente a um padrão específico (Clark & Fritz, 1997).

A quantidade isotópica de isótopos estáveis existentes nos processos naturais são bastante reduzidas, tendo sido necessário encontrar uma unidade de medida adequada. Assim, em 1950, McKinney introduziu uma notação especial designada por escala delta e representada por δ . Esta

escala exprime-se em per mil (‰), e representa o desvio das razões isotópicas relativamente a substâncias de referência, de acordo com a equação seguinte:

$$\delta (\text{‰}) = \left[\left(\frac{R_{\text{amostra}}}{R_{\text{padrão}}} \right) - 1 \right] \times 1000$$

Onde:

R_{amostra} representa $^2\text{H}/^1\text{H}$, ou $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$; $R_{\text{padrão}}$ refere-se à mesma razão determinada no padrão.

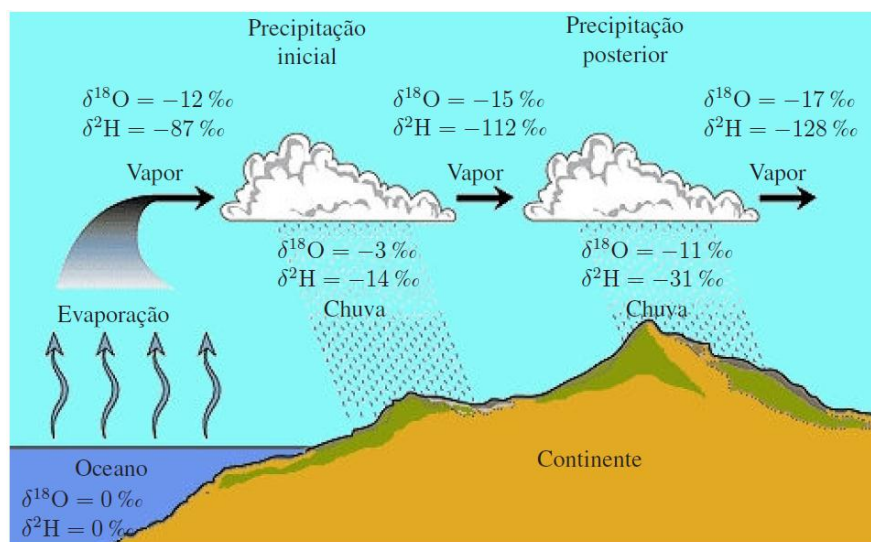


Figura 41 – Ilustração da espacialização do fracionamento isotópico do ^{18}O e ^2H e dos processos que o influenciam (adaptado de Ferreira, 2008).

Valores δ positivos indicam concentrações superiores à do padrão (amostras enriquecidas), enquanto valores negativos correspondem a amostras isotopicamente empobrecidas (também denominadas por mais leves).

As razões isotópicas de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinadas em amostras de água são expressos relativamente ao padrão internacional *Vienna Standard Mean Ocean Water* (V-SMOW), que fixa, por convenção, o zero da escala $\delta^{18}\text{O}$ e da escala $\delta^2\text{H}$. O V-SMOW representa uma mistura de águas que refletem a composição isotópica média da água de vários oceanos, que constituem o início e o fim do Ciclo Hidrológico. Os oceanos contêm cerca de 97 % da água existente na Hidrosfera, e apresentam na sua globalidade, uma composição isotópica aproximadamente uniforme, que expressa na notação delta, será próxima de zero (0 ‰), tanto para o $\delta^2\text{H}$ como para o $\delta^{18}\text{O}$ (Gonfiantini, 1981 *in* Carreira, 1998).

De forma a relacionar a composição isotópica das águas meteóricas a nível global, Harmon Craig em 1961, efetuou uma análise de várias centenas de amostras de águas de precipitação, rios e lagos em todo o mundo, tendo definido uma relação linear entre a concentração de ^{18}O e ^2H , expressa através da “Global Meteoric Water Line” (Reta das Águas Meteóricas), também designada por GWML (Figura 42).

Assim, a GWML equivale à média das retas meteóricas locais e/ou regionais, sendo que estas podem diferir da GWML devido a alterações das variáveis climáticas e geográficas (Clark & Fritz, 1997).

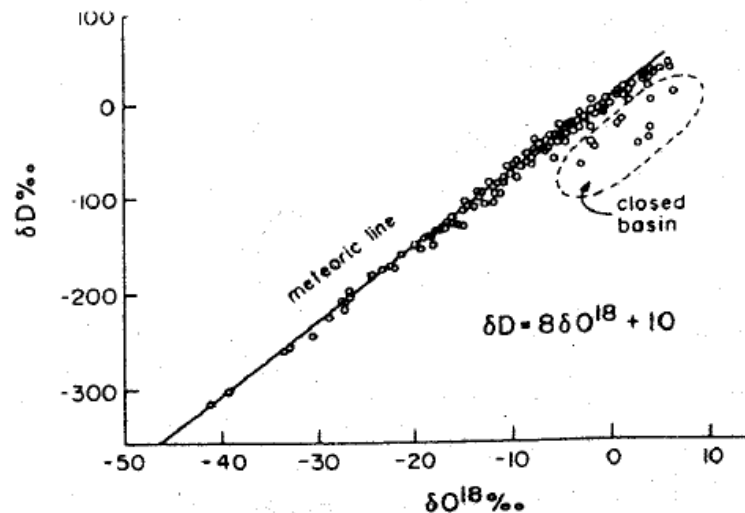


Figura 42 – GWML definida por Harmom Craig através da análise de várias centenas de amostras de águas de precipitação, rios e lagos em todo o mundo (retirado de Craig, 1961).

Tal como já vimos anteriormente, o fracionamento isotópico dependente de processos tais como a evaporação, condensação e precipitação, sendo este último processo influenciado pelos efeitos da temperatura, sazonalidade, intensidade de precipitação, altitude e continentalidade. Assim, na composição isotópica média anual das águas meteóricas observa-se um efeito de altitude, de latitude e de continentalidade. Quanto maior a latitude, a altitude e o interior do continente mais leve é a composição isotópica da chuva.

Segundo Fernandes (2004), a partir dos valores anuais de precipitação média ponderada nas diferentes estações de Portugal Continental, foram estimados gradientes isotópicos para o ^{18}O e ^2H em função da altitude, tendo sido observados fracionamentos de $-0.22 \pm 0.08 \text{ ‰}$ por 100 metros e $-1.5 \pm 0.7 \text{ ‰}$ por 100 metros, respetivamente.

Desta forma, para estudos hidrogeológicos tal como o que foi elaborado na área em estudo, de âmbito local, é importante a utilização de uma reta de águas meteóricas regional. Assim, e com o objetivo de estudar a composição das águas analisadas em ^{18}O e ^2H , foi considerada além da GWML uma reta meteórica local definida em Carreira *et al.* (2007), pela seguinte equação: $\delta^2\text{H} = 6,6 \cdot \delta^{18}\text{O} + 3$.

6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma a efetuar-se uma análise isotópica das águas subterrâneas existentes na área de estudo, durante as campanhas de campo efetuaram-se recolhas de amostras para posterior análise dos isótopos de Oxigénio e Hidrogénio. Os locais de amostragem são os indicados no Capítulo 3, com exceção de duas captações da CM Óbidos, uma vez que não foi possível recolher a amostra em condições.

No quadro seguinte (Quadro 17) apresentam-se os valores correspondentes às razões isotópicas do $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ e ao excesso de deutério (d).

Quadro 17 – Valores relativos às razões isotópicas do $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ e ao excesso de deutério (d).

Captação (ID)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	D (‰)
17 (RA7)	-5,0	-29,2	10,8
12 (F.PDR1)	-4,9	-26,1	13,1
14 (F.PDR3)	-4,9	-28,5	10,7
15 (F.PDR4)	-4,9	-25,6	13,6
7 (SM17)	-4,7	-35,2	2,4
8 (SM18)	-4,7	-25,7	11,9
127	-4,6	-25,7	11,1
134	-4,7	-25,7	11,9
136	-5,2	-28,9	12,7
132	-4,6	-26	10,8
1	-4,7	-28,5	9,1
76	-4,9	-27,6	11,6
190P	-3,8	-21,1	9,3
190F	-4,4	-26,6	8,6
144	-4,8	-27,4	11,0
128	-4,8	-29,8	8,6
Nascente	-4,7	-24,6	13,0
160	-4,5	-27,1	8,9
143	-5,1	-28,3	12,5
152	-4,9	-28,6	10,6

Em termos de distribuição espacial destes valores, pelas figuras seguintes (Figura 43 e Figura 44) constatamos que não existe qualquer tendência espacial, permitindo concluir também que o efeito de continentalidade não se faz sentir de forma notória na área de estudo.

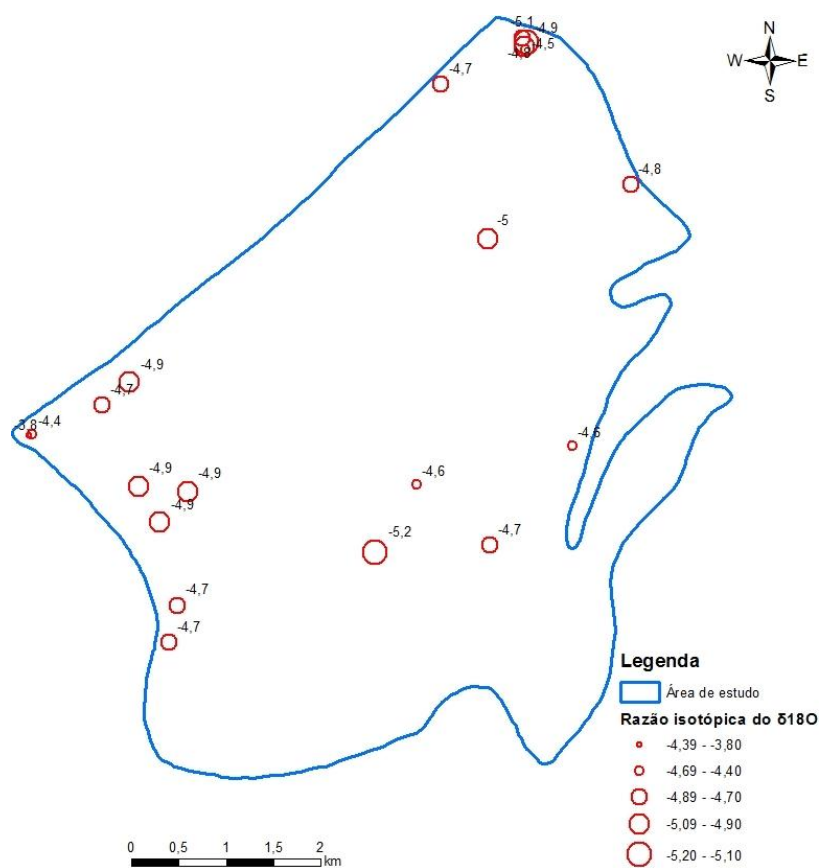


Figura 43 – Distribuição espacial das razões isotópicas $\delta^{18}\text{O}$ das amostras analisadas (valores em ‰ em relação a VSMOW).

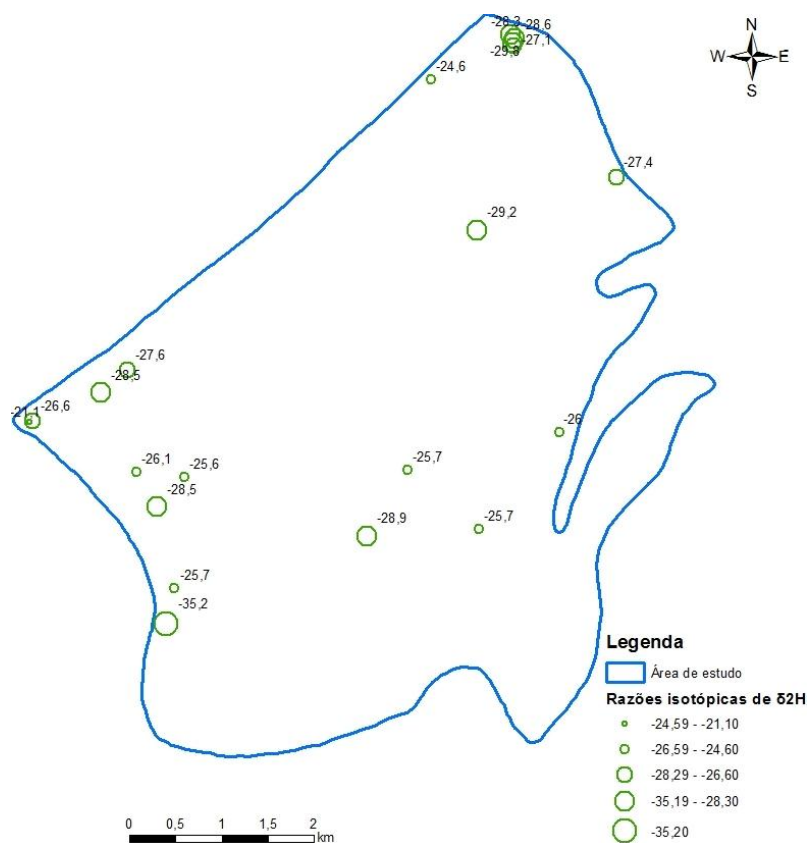


Figura 44 – Distribuição espacial das razões isotópicas $\delta^2\text{H}$ das amostras analisadas (valores em ‰ em relação a VSMOW).

De acordo com as figuras seguintes (Figura 45 e Figura 46) constatamos que o efeito de altitude está presente em ambos os isótopos, apesar de não exercer grande influência, uma vez que se nota um ligeiro empobrecimento com o aumento da altitude.

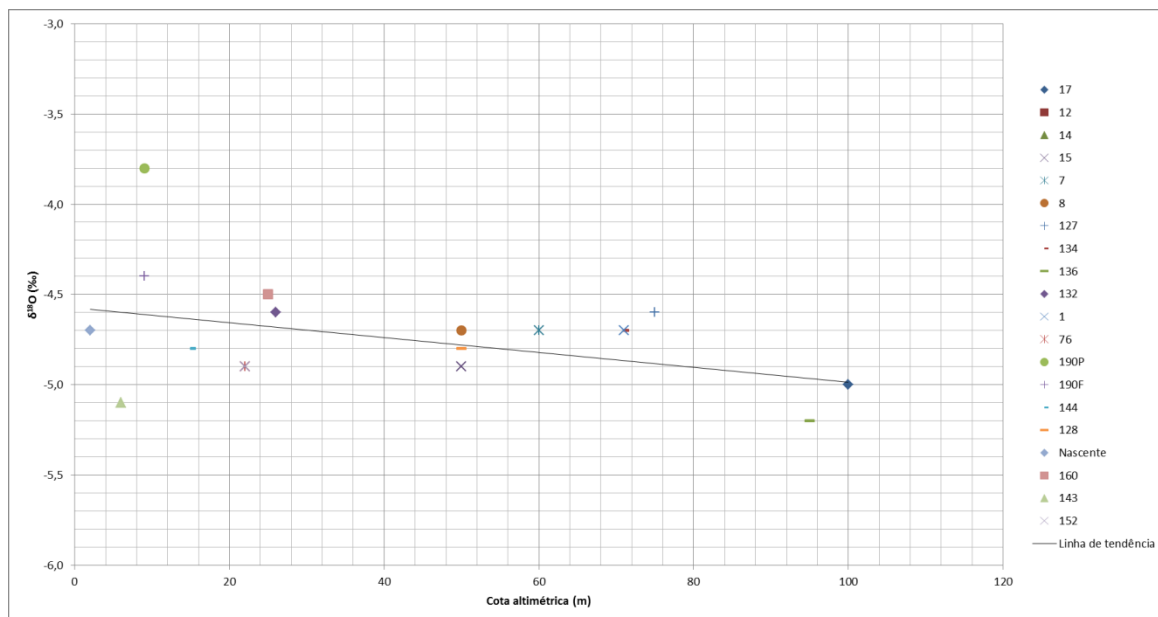


Figura 45 – Projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em função das cotas altimétricas dos pontos amostrados.

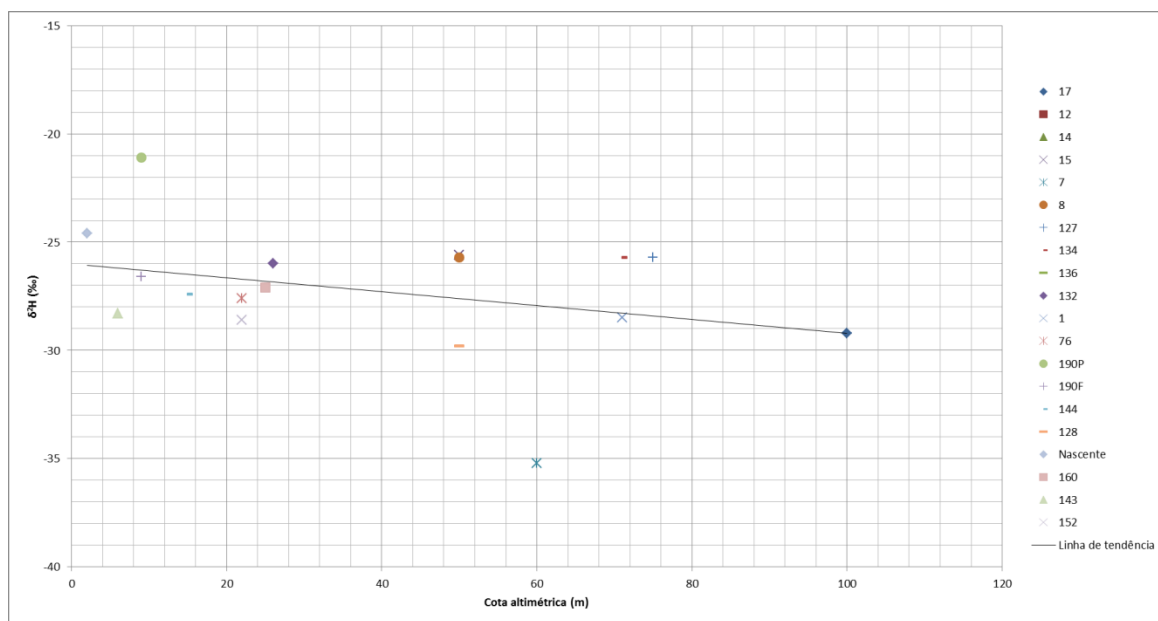


Figura 46 – Projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função das cotas altimétricas dos pontos amostrados.

Tendo em conta os valores apresentados no quadro anterior, salienta-se que:

- Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ variam entre -3,8‰ (captação ID190P) e -5,2‰ (captação ID136) e apresentam um valor médio de -4,74‰;
- Os valores de $\delta^2\text{H}$ variam entre -21,1‰ (captação com o ID190P) e -35,2‰ (captação SM17 (JFF4), enquanto o valor médio é de -27,31‰.

A figura seguinte (Figura 47) ilustra a projeção das amostras consideradas num gráfico $\delta^{18}\text{O}$ vs $\delta^2\text{H}$, considerando a Linha Global das Águas meteóricas (GWML) definida por (Craig, 1961) – $\delta^2\text{H} =$

$8 * \delta^{18}\text{O} + 10$ – e a reta meteórica de Portugal Continental definida em Carreira *et al.* (2007) – $\delta^2\text{H} = 6,6 * \delta^{18}\text{O} + 3$.

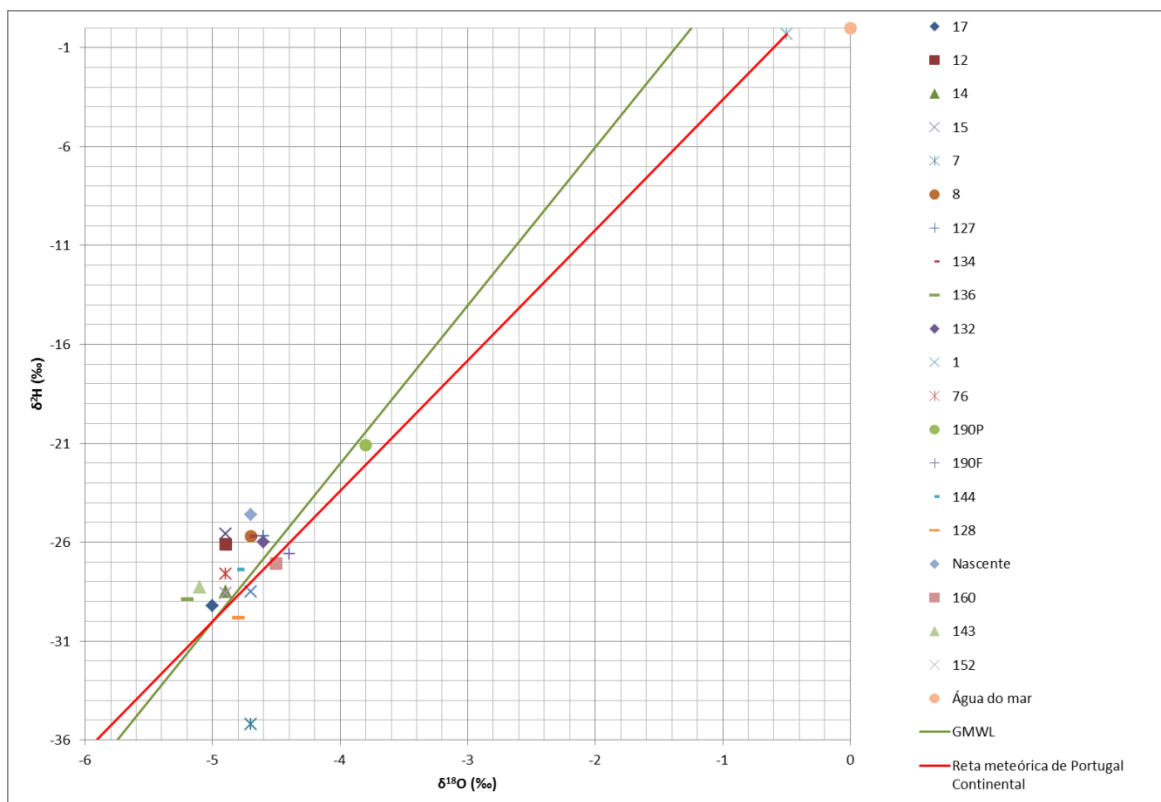


Figura 47 – Projeção de $\delta^2\text{H}$ em função de $\delta^{18}\text{O}$, considerando ainda a GMWL e a reta meteórica de Portugal Continental.

Da análise da figura anterior podemos concluir que, a composição isotópica de grande parte dos pontos amostrados distribui-se muito próximos das duas retas meteóricas utilizadas como referência, em especial em torno da GMWL.

Este alinhamento paralelo à GMWL, mas com algum empobrecimento em $\delta^{18}\text{O}$, é comum em regiões muito húmidas e com alguma proximidade ao mar, o que é coincidente com a área de estudo.

No entanto existem alguns pontos que se desviam destas retas de referência, em especial os pontos correspondentes às captações ID12(SP2), ID15(RA5), IDNascente e ID7(SM17). Tendo em conta a análise química destas águas e os resultados obtidos para o IS, onde se constata que todas as águas, com exceção da correspondente à captação ID190P, encontram-se subsaturadas em minerais carbonatados, pensamos que estes desvios possam estar associados a águas resultantes da lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar, e/ou devido a uma possível contaminação antrópica, uma vez que estas captações localizam-se junto do mar e numa área onde se verifica muita ocupação humana, traduzida em vários empreendimentos turísticos e campos de golfe.

Ainda no que respeita à projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função dos valores de $\delta^{18}\text{O}$, salienta-se que a posição do ponto correspondente à captação ID190P evidencia a existência de evaporação, estando associado ao enriquecimento em isótopos pesados. Tendo em conta tratar-se de uma captação do tipo poço a captar nos sedimentos de duna e localizada junto ao mar e numa área

com práticas agrícolas intensivas, pensamos que esta água poderá estar a sofrer evaporação por reciclagem, isto é, a água infiltra-se e é novamente captada. A análise química desta água vem corroborar esta hipótese, uma vez que mostra a existência de concentrações elevadas em nitratos, cálcio, sódio e potássio consequência das atividades antrópicas aqui praticadas.

Por último, apresenta-se a projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em função da concentração de cloretos e da condutividade elétrica (Figuras 48, 49, 50 e 51), uma vez que estes parâmetros são normalmente utilizados para corroborar a existência ou não de fenómenos de intrusão salina.

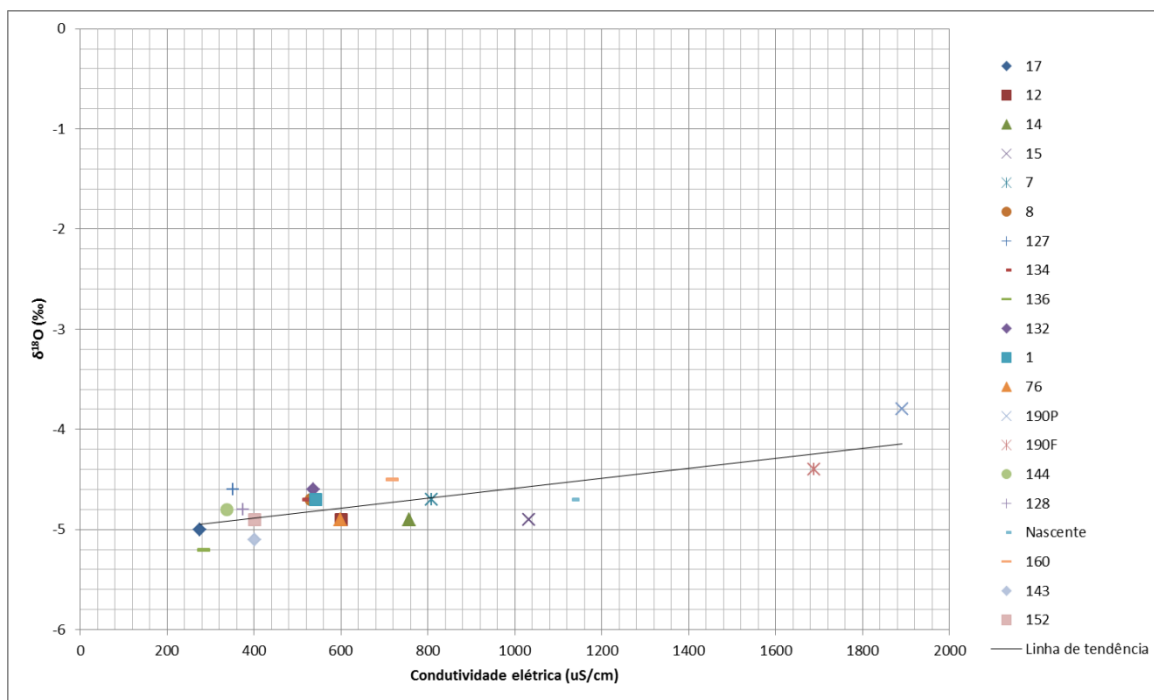


Figura 48 – Projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em função da condutividade elétrica.

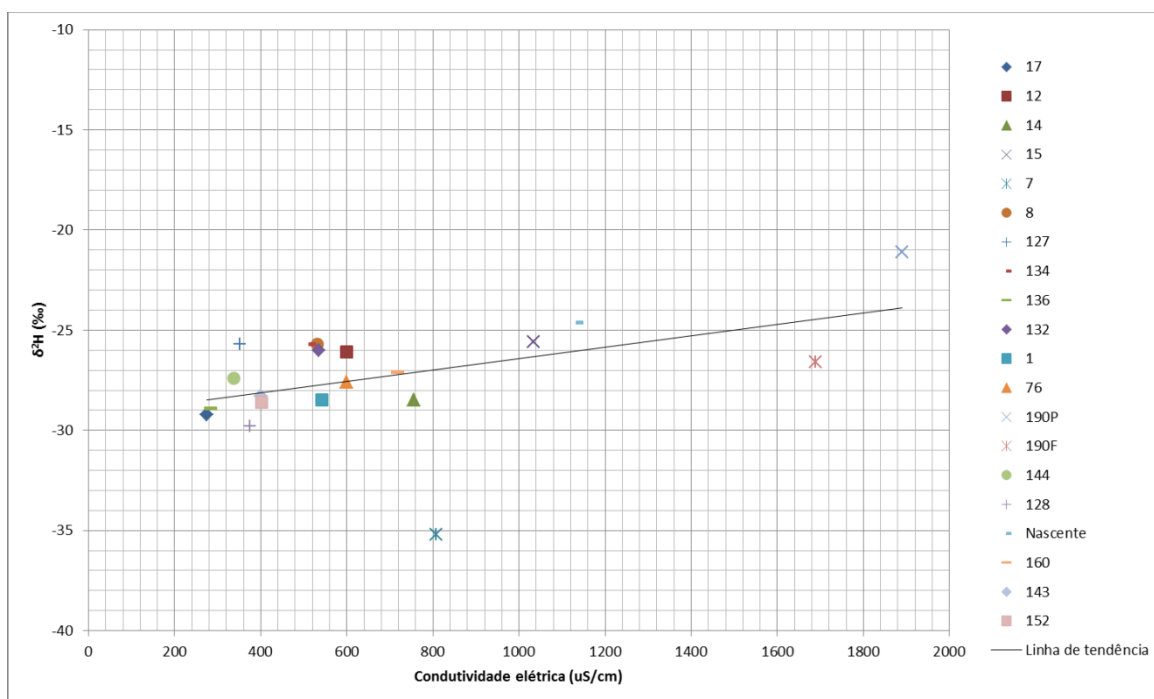


Figura 49 – Projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função da condutividade elétrica.

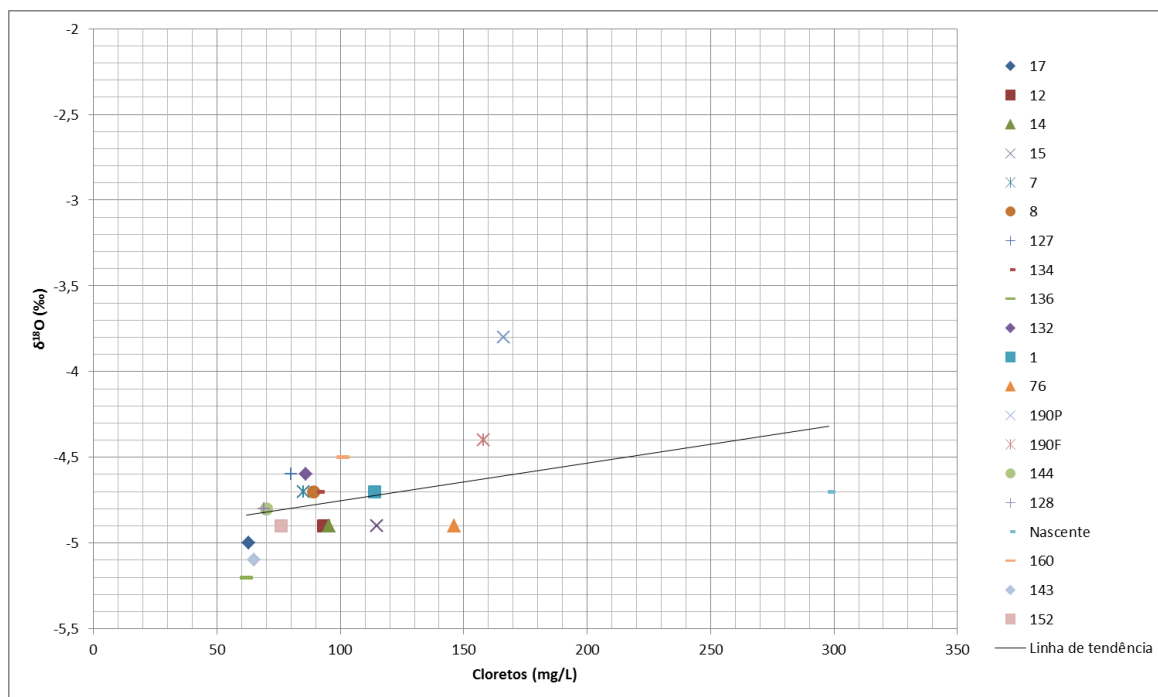


Figura 50 – Projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em função da concentração em cloretos.

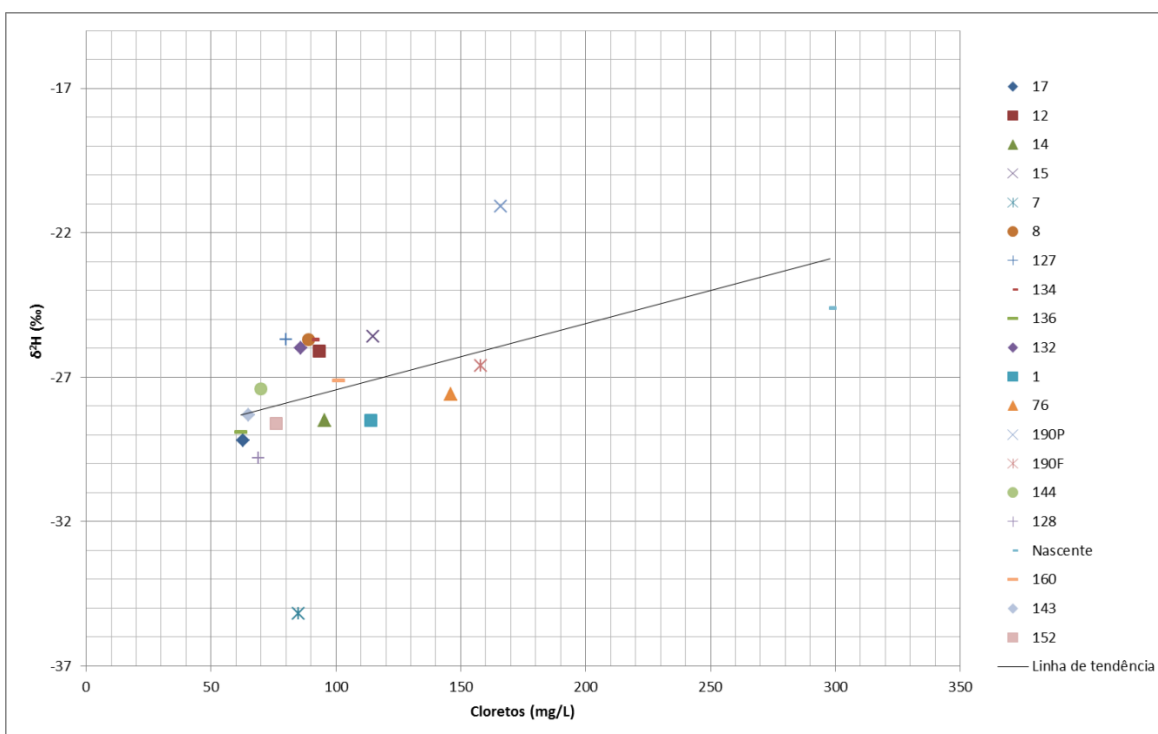


Figura 51 – Projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ em função da concentração em cloretos.

A análise destas figuras permitiu concluir que existe, embora que fraca, uma certa correlação entre a composição isotópica das amostras consideradas e o aumento da salinização da água subterrânea.

Refere-se ainda que no caso da projeção dos valores de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em função da concentração de cloretos, aparenta existir apenas correlação até aos 100 mg/L. Consideramos importante salientar este facto, uma vez que esta correlação não é mostrada pela linha de tendência existente em cada figura.

Tal como já referido anteriormente, as amostras que apresentavam valores mais elevados de cloretos e condutividade elétrica situam-se junto do mar, contudo, pensa-se que a existência destes valores deverá estar associada não à mistura com água do mar mas sim à lavagem dos sedimentos de duna que contêm sais marinhos, como consequência da sua proximidade ao mar, e/ou à possível contaminação antropogénica que aqui se faz sentir através de práticas agrícolas intensivas, campos de golfe e empreendimentos turísticos.

7. COMPARAÇÃO COM MASSAS DE ÁGUA CRETÁICAS

7.1 INTRODUÇÃO

Tal como descrito no Capítulo 1, a área de estudo foi considerada como um sistema aquífero na primeira inventariação e caracterização dos sistemas aquíferos de Portugal Continental (INAG, 1997), apesar da existência de poucos dados nesta área.

Posteriormente em Almeida *et al.*, (2000), aquando da revisão da primeira inventariação acima referida, foi retirada a designação de sistema aquífero a algumas áreas de afloramento do Cretácico inferior da Orla Ocidental, incluindo a área de estudo.

De acordo com estes autores, estas áreas não foram individualizadas como sistemas aquíferos uma vez que apresentam ou expressão diminuta ou menor aptidão aquífera, tendo sido o primeiro critério o mais utilizado. Contudo, os próprios autores reconhecem que o Cretácico da Lagoa de Óbidos constitui uma exceção, já que possui uma área significativa. O principal critério para a exclusão desta área parece ter sido a sua reduzida importância social e económica (à data) comparativamente com outras áreas de afloramento do Cretácico inferior da Orla Ocidental.

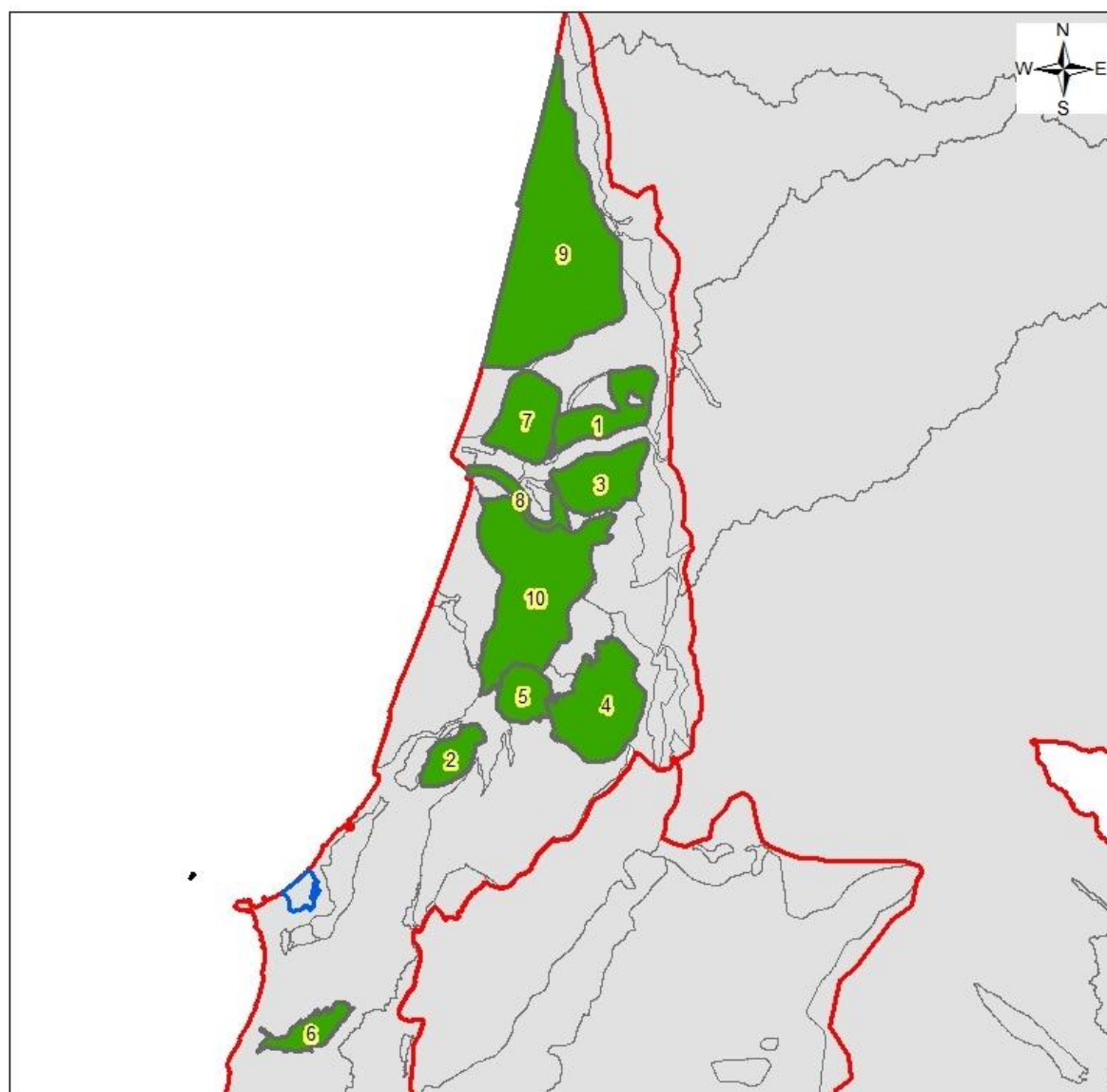
Tendo em conta que a grande proliferação de captações de água subterrânea na área de estudo teve início a partir de 2000, acreditamos que o critério utilizado para a sua exclusão como sistema aquífero deveu-se à falta de dados que permitissem uma melhor caracterização da formação cretácica aqui existente.

Assim, ao longo deste capítulo serão efetuadas comparações entre esta área e as restantes massas de água subterrânea da Orla Ocidental, delimitadas no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água, constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (Quadro 18 e Figura 52), possibilitando desta forma averiguar se de facto o Cretácico da Lagoa de Óbidos terá ou não uma aptidão aquífera semelhante a estas massas de água.

As comparações a seguir apresentadas incidem sobre a produtividade, a transmissividade e por último a importância da área de estudo como origem de água, principalmente destinada ao abastecimento público, agricultura e rega de campos de golfe e outros espaços verdes.

Ainda relativamente aos dados utilizados para a realização desta comparação da aptidão aquífera, consideramos importante referir o seguinte:

- As principais fontes de informação são, de um modo geral, os Planos de Bacia Hidrográfica de 2000, designadamente do Mondego (INAG, 2000), Vouga (INAG, 2001) e das Bacias das Ribeiras do Oeste (DRAOT-LVT, 2001), e o trabalho de Almeida *et al.* (2000);
- A massa de água do Lourçal, apesar de apresentar como uma das principais formações aquíferas os Arenitos de Carrascal, não irá ser utilizada para comparação com a área de estudo, uma vez que os dados apresentados para esta formação aquífera, quer a nível de produtividades quer relativamente a parâmetros hidráulicos, resumem-se apenas a quatro captações e muito próximas umas das outras, não sendo por isso representativas da globalidade da formação aquífera.



Legenda

- Área de estudo
- Unidades hidrogeológicas
- Outras massas de água subterrânea
- Massas de água subterrânea constituídas total ou parcialmente por grés do Cretácico inferior:
 - 1 - Tentúgal
 - 2 - Alpedriz
 - 3 - Condeixa-Alfarelos
 - 4 - Ourém
 - 5 - Pousos-Caranguejeira
 - 6 - Torres Vedras
 - 7 - Viso-Queridas
 - 8 - Figueira da Foz-Gesteira
 - 9 - Cretácico de Aveiro
 - 10 - Lourçal

0 5 10 15 20
km

Figura 52 – Massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

Quadro 18 – Massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (adaptado de snirh.pt).

Massas de água subterrânea	Formações aquíferas dominantes	
	Designação	Série
Tentúgal	Grés de Furadouro	Cretácico superior
	Calcários de Tentúgal	Cretácico superior
	Arenitos de Carrascal	Cretácico inferior - Cretácico superior
Alpedriz	Formações carbonatadas	Cretácico superior
	Complexo gresoso de Cós-Juncal	Cretácico inferior
Condeixa-Alfarelos	Arenitos finos de Lousões e Calcários Apinhoados de Costa de Arnes	Cretácico superior
	Arenitos de Carrascal	Cretácico inferior
Ourém	Complexo carbonatado	Cretácico superior
	Arenitos de Carrascal	Cretácico inferior
Pousos - Caranguejeira	Complexo carbonatado	Cretácico superior
	Arenitos	Cretácico inferior
Torres Vedras	Formação de Torres Vedras	Cretácico inferior
Viso-Queridas	Calcários de Tentúgal, Grés de Furadouro e Grés de Oiã	Cretácico superior
	Arenitos de Carrascal	Cretácico inferior - Cretácico superior
Figueira da Foz - Gesteira	Calcários apinhoados de Costa de Arnes	Cretácico superior
	Arenitos de Carrascal	Cretácico inferior - Cretácico superior
Cretácico de Aveiro	Arenitos micáceos e arenitos grosseiros superiores	Cretácico superior
	Calcários apinhoados de Costa de Arnes	Cretácico superior
	Arenitos de Carrascal	Cretácico inferior

7.2 PRODUTIVIDADE

No quadro seguinte (Quadro 19) apresentam-se as estatísticas da produtividade das massas de água subterrânea da Orla Ocidental que são constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

No referido quadro são também indicadas as estatísticas dos caudais inventariados na área de estudo, tendo em conta os resultados obtidos a partir de dados de 74 captações e apresentados no capítulo 4.3.1.

Quadro 19 – Principais estatísticas da produtividade na área de estudo e nas massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

Massas de água subterrânea	Produtividade (L/s)				Origem dos dados
	Mediana	Média	Máximo	Mínimo	
Tentúgal	0,8	1,9	12,8	0,3	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Alpedriz	2,2	3,9	15	3,9	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Condeixa-Alfarelos	2,7	5,1	35	0	INAG, 2000
Ourém	4,5	7,1	25	0	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Pousos - Caranguejeira	5,1	7,7	25	1,1	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Torres Vedras	6	8,1	20	2	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Viso-Queridas	9,5	10,6	20	2,2	INAG, 2000
Figueira da Foz - Gesteira	12,5	14,7	30	1,7	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Cretácico de Aveiro	15	16,3	50	0,2	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Área de estudo	1,7	3,3	13,3	0,3	A partir dos dados cedidos pela APA / ARH Tejo e Oeste

De acordo com os valores acima apresentados, os grés do Cretácico inferior da área de estudo apresentam uma mediana e média de produtividade superior à massa de água subterrânea de Tentúgal (Figura 53 e Figura 54). Sendo ainda importante realçar a semelhança existente entre estes valores e os apresentados para a massa de água Alpedriz.

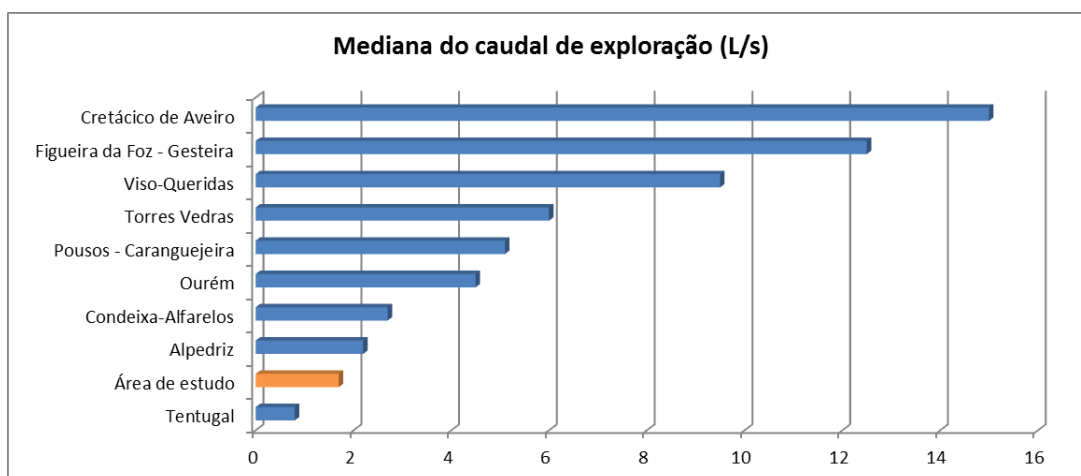


Figura 53 – Representação do valor da mediana do caudal de exploração da área de estudo relativamente às restantes massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 19).

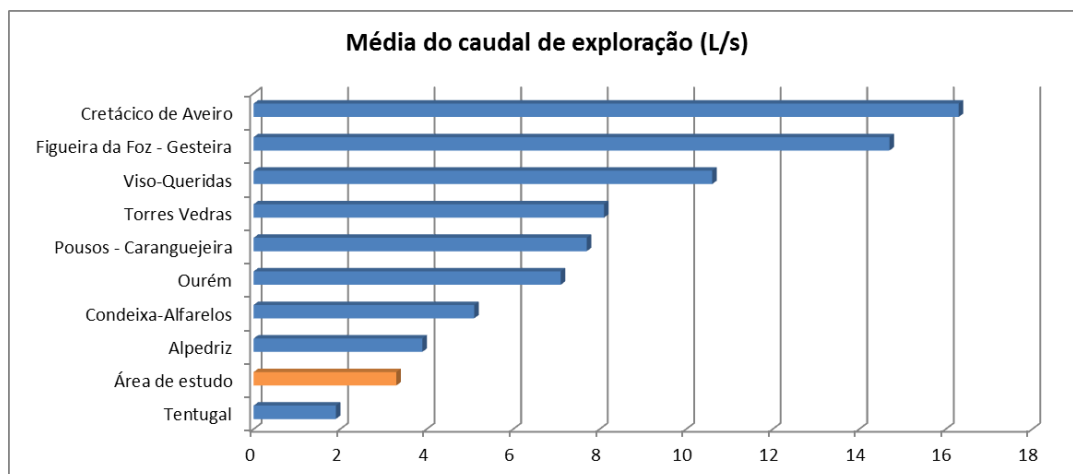


Figura 54 – Representação do valor da média do caudal de exploração da área de estudo relativamente às restantes massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 19).

Se considerarmos as restantes estatísticas, podemos constatar que, de um modo geral, todas as massas de água apresentam valores superiores ao Cretácico da Lagoa de Óbidos, com exceção de Tentúgal, onde os valores da média, mínimo e máximo das produtividades são inferiores aos aqui registados. Salienta-se contudo o facto de alguns dos valores de caudal se encontrarem influenciados pelas camadas carbonatadas do Cretácico, mais produtivas, tal como acontece nas três massas de água mais produtivas.

Assim, no que respeita às produtividades, podemos concluir que a área de estudo apresenta valores que se enquadram no contexto atual das massas de água da Orla Ocidental que são constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior, podendo mesmo apresentar valores de produtividade superiores aos registados nestas, tal como acontece com a massa de água de Tentúgal.

7.3 TRANSMISSIVIDADE

No que respeita à transmissividade do Cretácico da Lagoa de Óbidos, importa relembrar que:

- A partir de ensaios de caudal realizados em 9 captações, obtiveram-se valores de transmissividade que podem variar entre 0,2 a 34,3 m²/dia, sendo a mediana de 11,15 m²/dia e a média 13,53 m²/dia;
- A partir do caudal específico de 49 captações, obtiveram-se valores de transmissividade que variam entre 1,05 e 66,73 m²/dia, apresentando a mediana um valor de 9,61 m²/dia e a média 12,8 m²/dia.

No quadro seguinte (Quadro 20) apresentam-se as estatísticas da transmissividade quer da área de estudo quer das massas de água subterrânea da Orla Ocidental que são constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

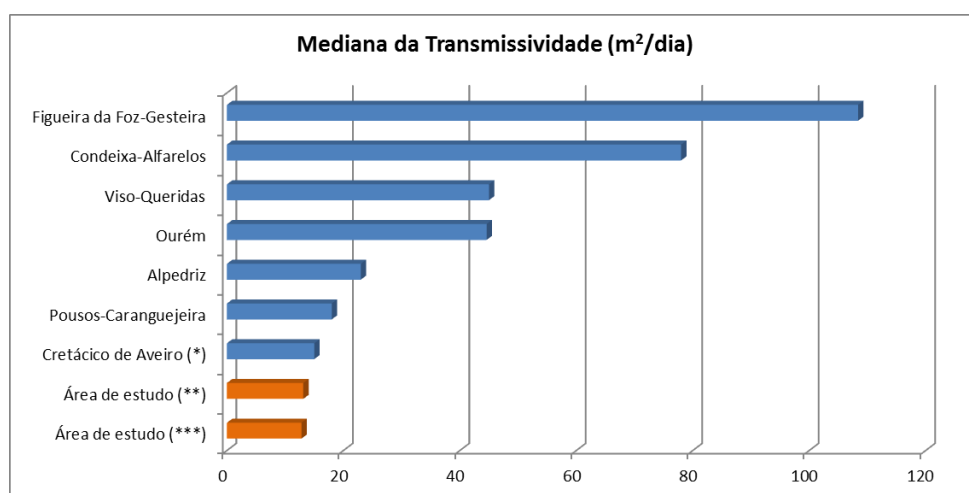
Quadro 20 – Principais estatísticas da transmissividade da área de estudo e das massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

Massas de água subterrânea	Transmissividade (m ² /dia)				Origem dos dados
	Mediana	Média	Máximo	Mínimo	
Cretácico de Aveiro ^(*)	15	68	275	2	Condeso de Melo, 2002
Tentúgal	-	-	21,9	1,4	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Figueira da Foz-Gesteira	108,4	118,6	330	33,5	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Pousos-Caranguejeira	18	37	150	-	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Ourém ^(*)	44,6	81,8	527	2	Paralta, 1995
Alpedriz	23	39	156	4	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Torres Vedras	-	-	400	2,5	Almeida <i>et al.</i> , 2000
Viso-Queridas	45	86	241	11	INAG, 2000
Condeixa-Alfarelos	78	126	347	1,5	INAG, 2000
Área estudo ^(**)	11,15	13,53	34,3	0,2	A partir dos dados cedidos pela empresa Renato Azenha, Lda.
Área estudo ^(***)	9,61	12,8	66,73	1,05	A partir dos dados cedidos pela APA / ARH Tejo e Oeste

(*) – Valores correspondentes apenas aos grés do Cretácico inferior; (**) - Transmissividade obtida a partir dos ensaios de caudal; (***) – Transmissividade obtida a partir do caudal específico

Tendo em conta quer os valores de transmissividade obtidos para a área de estudo, apresentados no quadro anterior, pode-se constatar que:

- A mediana da transmissividade da área de estudo enquadra-se nos valores apresentados para várias massas de água da Orla Ocidental, nomeadamente Cretácico de Aveiro, Pousos-Caranguejeira e Alpedriz (Figura 55);
- Apesar de não se conhecerem os valores de mediana e média da transmissividade, a massa de água de Tentúgal possui (à semelhança do referido para a produtividade) valores muito semelhantes à área de estudo, contudo, inferiores aos registados nesta última (com exceção do valor mínimo).



(*) – Valores correspondentes apenas aos grés do Cretácico inferior; (**) - Transmissividade obtida a partir dos ensaios de caudal; (***) – Transmissividade obtida a partir do caudal específico

Figura 55 – Representação do valor da mediana da transmissividade da área de estudo relativamente às restantes massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 20).

Assim, e no que respeita à transmissividade, podemos concluir que, à semelhança do verificado para a produtividade, a área de estudo possui valores que se enquadram nos existentes para as massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior, podendo mesmo apresentar valores de transmissividade superiores aos registados nestas, tal como acontece com a massa de água de Tentugal (Quadro 20).

7.4 IMPORTÂNCIA

A comparação da importância da área de estudo relativamente às restantes massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior é efetuada através do número total de captações de água subterrânea existentes em cada uma destas áreas, do volume captado, da densidade de captações, dos recursos renováveis e do balanço volume captado vs recarga. É ainda considerado o número de captações de água subterrânea para abastecimento público, pois consideramos esta finalidade como a mais “nobre” que uma captação pode apresentar.

Para a inventariação dos dados necessários para se proceder a esta análise foram considerados os dados cedidos pela APA / ARH Tejo e Oeste para a área de estudo, enquanto para as massas de água subterrânea foram utilizados os dados existentes nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo, das Bacias das Ribeiras do Oeste e do Vouga, Mondego e Lis (Quadro 21).

No que respeita ao número de captações destinadas ao abastecimento público, a área de estudo apresenta um número superior à maior parte das massas de água consideradas, sendo apenas ultrapassada pelas massas de água de Alpedriz, Ourém e Cretácico de Aveiro (Figura 56).

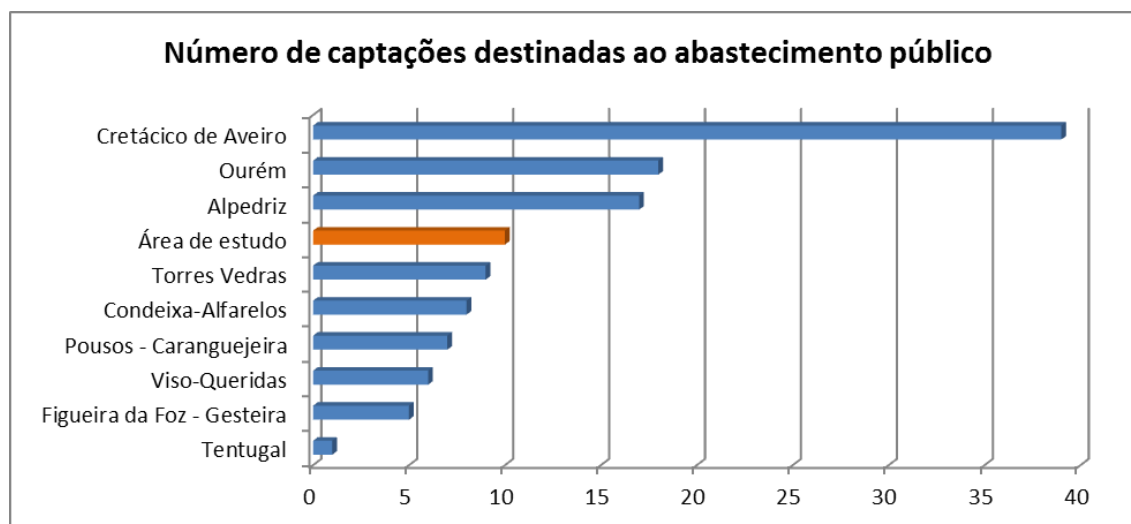


Figura 56 – Número de captações destinadas ao abastecimento público existentes na área de estudo e o nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).

Relativamente ao número total de captações e à semelhança do verificado para as captações destinadas ao abastecimento público, a área de estudo apresenta um número superior a algumas massas de água, designadamente as massas de água de Alpedriz, Torres Vedras e Figueira da Foz-Gesteira (Figura 57).

Quadro 21 – Inventário do n.º de captações, volume captado e densidade de captações por km² na área de estudo e nas massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

Massas de água subterrânea	Número de captações		Densidade de captações (km ²)	Volume captado (hm ³ /ano)	Recursos renováveis (hm ³ /ano)	Taxa de exploração (%)	Origem dos dados
	Total	Abastecimento público					
Alpedriz	89	17	0,96	3,65	23,5	15,5	ARH Tejo (2011)
Torres Vedras	119	9	1,50	2,60	14,04	18,5	ARH Tejo (2011)
Figueira da Foz - Gesteira	186	5	2,91	1,67	10,0	16,7	ARH Centro (2012)
Ourém	369	18	1,17	2,90	48,74	5,9	ARH Tejo (2011a)
Viso-Queridas	391	6	2,10	1,35	28	4,8	ARH Centro (2012)
Pousos - Caranguejeira	604	7	5,92	1,56	3	52,0	ARH Centro (2012)
Tentúgal	873	1	5,39	0,65	26	2,5	ARH Centro (2012)
Condeixa-Alfarelos	896	8	4,84	1,35	3	45,0	ARH Centro (2012)
Cretácico de Aveiro	904	39	1,01	11,33	11	>100	ARH Centro (2012)
Área de estudo	204	11	5,82	1,75	5,2	33,7	A partir dos dados cedidos pela APA / ARH Tejo e Oeste

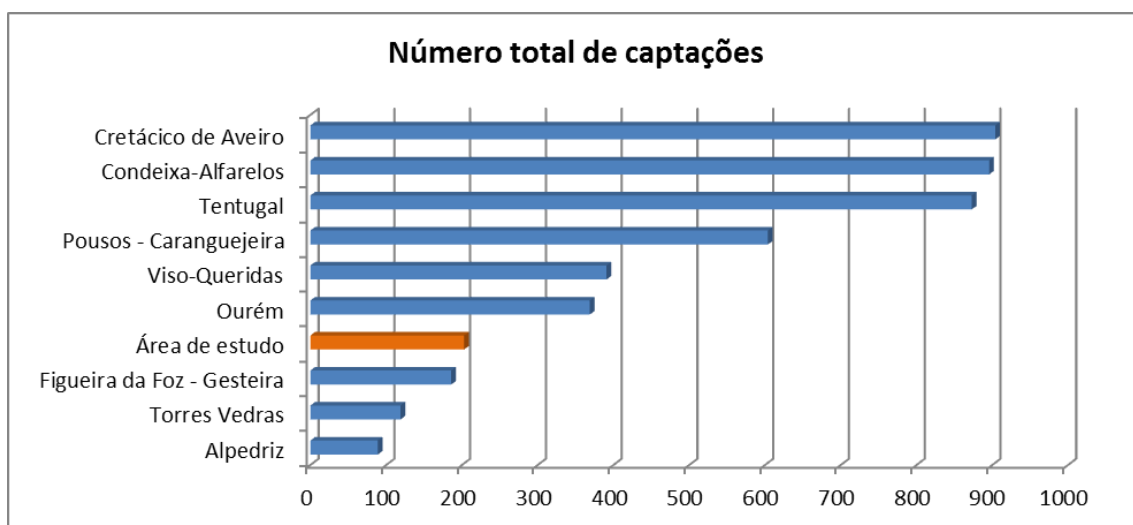


Figura 57 – Número total de captações existentes na área de estudo e o nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).

Desta forma, e considerando quer o número de captações destinadas ao abastecimento público quer o número total de captações, pode-se constatar que o critério utilizado em Almeida *et al.* (2000) para a exclusão do Cretácico da Lagoa de Óbidos da listagem de sistemas aquíferos em Portugal Continental, permite agora que esta área recupere a designação de sistema aquífero ou massa de água subterrânea.

De forma a corroborar o referido no parágrafo anterior, apresentamos de seguida figuras relativas à densidade de captações por km² (Figura 58) e ao volume anual captado (Figura 59). Pela análise destas figuras, podemos constatar que a área de estudo apresenta a segunda maior densidade de captações por km² e só em apenas quatro massas é que existe um volume captado superior ao da área de estudo.

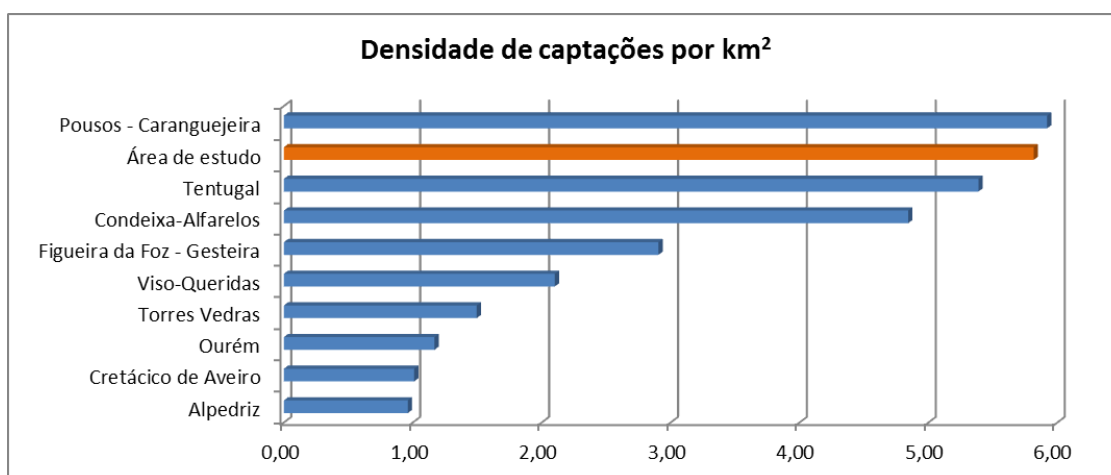


Figura 58 – Densidade de captações por km² na área de estudo e nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).

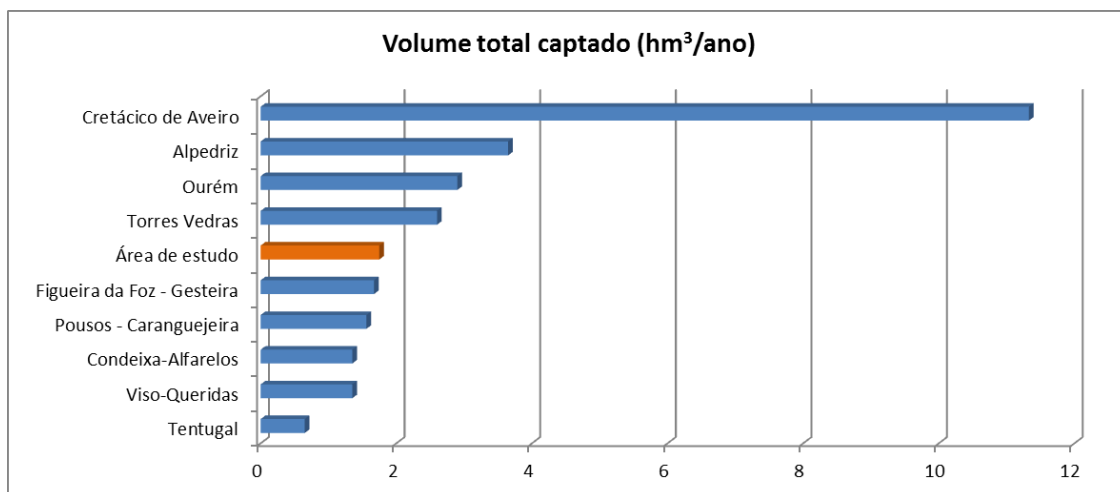


Figura 59 – Volume total captado na área de estudo e nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).

Na Figura 60, onde apresentamos a comparação entre a recarga e os volumes captados, podemos constatar que a recarga existente na área de estudo é superior quer relativamente aos volumes aqui captados quer inclusive à recarga de outras massas de água subterrâneas, tais como Condeixa-Alfarelos e Pousos-Caranguejeira.

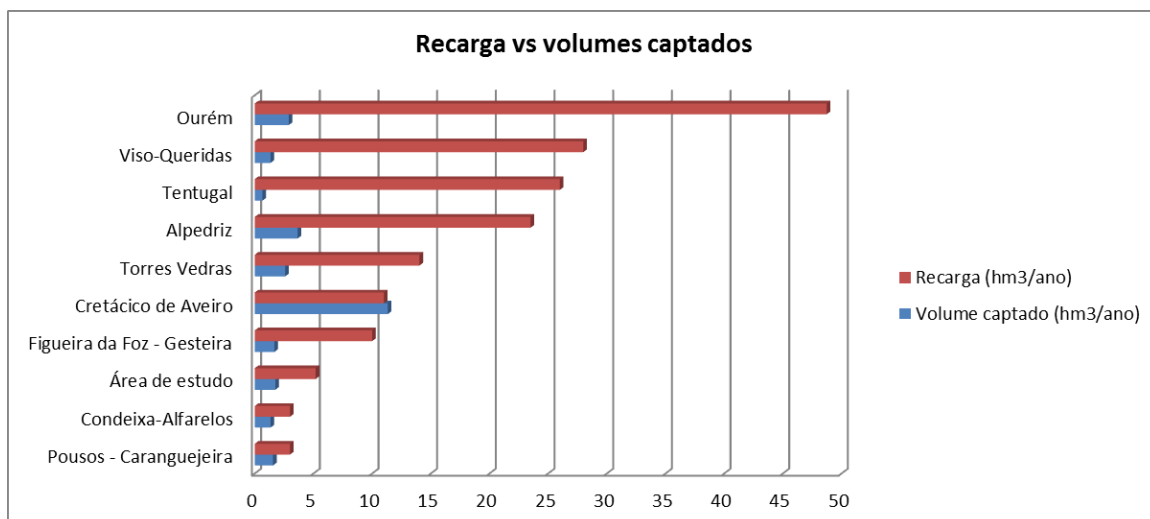


Figura 60 – Comparação entre a recarga e os volume total captados na área de estudo e nas massas de água constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior (origem dos dados referida no Quadro 21).

Desta forma, pensamos que ficou demonstrada a relevância da área de estudo para o abastecimento de água a esta região e, consequentemente, à importância que a mesma poderá ter no contexto regional das massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior.

8. CONCLUSÃO

A área de estudo, localizada nos concelhos de Óbidos e Peniche, é constituída, do ponto de vista geológico, por um sinclinal com formações detríticas de idades compreendidas entre o Jurássico superior e o Holocénico, assumindo particular relevância os grés do Cretácico inferior, dado constituírem a formação aquífera dominante de várias massas de água da Orla Ocidental.

Esta formação, com uma espessura da ordem dos 250 metros, é constituída por arenitos feldspáticos e caulíniferos, finos a grosseiros e de cores esbranquiçadas a cremes, podendo contudo apresentar tons mais avermelhados ou acastanhados na base. Os níveis mais grosseiros, que chegam a ser por vezes conglomeráticos, e alguns níveis mais finos apresentam grande compactação. Identificam-se ainda várias intercalações argilosas e/ou siltosas, por vezes com espessuras superiores a 20 metros, e níveis de matéria orgânica com cerca de 2 metros de espessura.

Relativamente à hidrogeologia, esta área está abrangida pela massa de água subterrânea Orla ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste e constitui um aquífero poroso, predominantemente confinado a semi-confinado, onde os grés do Cretácico inferior assumem-se como a principal formação aquífera. As características litológicas desta formação conferem a natureza multicamada ao aquífero, sendo a captação de água subterrânea realizada preferencialmente através de captações do tipo furo vertical.

A recarga faz-se através da infiltração direta da precipitação e pela drenância das areias de duna, que cobrem áreas consideráveis da formação cretácica, tendo sido estimado um valor de 150 mm/ano, que corresponde a uma taxa de recarga média de 19,6%. Desta forma, estima-se que os recursos renováveis sejam da ordem dos 5,2 hm³/ano.

As areias de duna desempenham provavelmente um papel importante na recarga diferida da formação aquífera cretácica, pressupondo-se que a prolongam muito para além do período das precipitações. Contudo, esta situação parece não ocorrer em toda a área dunar, dado que foi possível observar escorrência superficial e a formação de lagoas no contacto entre as areias de duna e os grés do Cretácico. Apesar das lagoas também poderem estar associadas a pontos de descarga do escoamento mais sub-superficial da formação cretácica, pensamos que estes locais onde não ocorre a infiltração de água proveniente das areias de duna poderão ser coincidentes com áreas onde afloram níveis argilosos e/ou siltosos, funcionando estes como camadas impermeáveis.

Com base em medições do NHE na altura da construção das captações obteve-se uma superfície piezométrica, cuja definição pode no entanto não corresponder exatamente à situação real dado que os furos captam vários níveis aquíferos, as medições foram efetuadas num intervalo temporal superior a 25 anos e não foram consideradas as extrações atuais. Apesar destes constrangimentos, identificaram-se duas direções preferenciais de escoamento – em direção ao mar e no sentido da Lagoa de Óbidos. A existência desta última direção suscita no entanto algumas dúvidas, uma vez que de acordo com a cartografia geológica existente e atendendo às várias campanhas de campo realizadas, não são identificadas camadas com inclinação no sentido da Lagoa. Esta situação pode contudo ser justificada pela existência de furos a captar níveis de água distintos (nível regional e outros mais superficiais).

A partir dos caudais de exploração de 74 captações, onde se observa a variação de valores entre 0,3 e 13,3 L/s, obteve-se uma média e mediana de produtividades de 3,3 e 1,7 L/s, respetivamente.

Os valores de transmissividade (mediana entre 9,60 e 11,15 m²/dia) e condutividade hidráulica (mediana de 0,07 m/dia), obtidos através de ensaios de caudal e da aplicação de equações

simples, permitiram concluir que o aquífero existente apresenta transmissividade e condutividade hidráulica baixas.

Relativamente à hidroquímica, verificou-se que, de um modo geral, a água apresenta grau de mineralização geralmente médio e pH inferior a 7, predominando o cloreto e o bicarbonato como aniões, enquanto nos cátions prevalece o sódio e, por vezes, o magnésio e/ou cálcio. Justifica-se assim que a fácies hidroquímica predominante seja bicarbonatada-cloretada sódica (por vezes cálcica), existindo ainda duas amostras com fácies cloretada-sulfatada cálcica (captações ID190P e ID190F).

A existência de concentrações anómalas de alguns iões, nomeadamente nitrato, sulfato, cloreto, cálcio, magnésio e potássio, estará associada à contaminação antropogénica, particularmente incidente no extremo SW da área de estudo devido à existência de práticas agrícolas intensivas, empreendimentos turísticos e campos de golfe. A existência destas concentrações condiciona a classificação da água subterrânea para consumo humano, que nesta área é inferior à classe A1, de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto.

Todas as mostras se encontram saturadas em quartzo e algumas em calcedónia, sugerindo a circulação da água subterrânea nos grés cretácicos.

Com a determinação das razões isotópicas $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$, concluímos que existe um empobrecimento em $\delta^{18}\text{O}$ nas águas subterrâneas, comum em regiões muito húmidas e com alguma proximidade ao mar, tal como se verifica na área de estudo. Existem contudo alguns desvios da GMWL, que se supõe corresponderem a contaminação antrópica, dado que se tratam de amostras colhidas em captações localizadas junto ao mar e numa área caracterizada por ocupação humana (empreendimentos turísticos e campos de golfe).

A área de estudo apresenta um número total de captações, número de captações destinadas ao abastecimento público, densidade de captações por km^2 , taxa de exploração e recursos renováveis anuais superiores a algumas massas de água subterrâneas da orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior. Apenas no que respeita aos parâmetros hidráulicos se observam valores mais reduzidos, apesar de muito semelhantes comparativamente a outras massas de águas consideradas nesta análise.

Assim, somos da opinião que ficou demonstrada a relevância da área de estudo para o abastecimento de água a esta região e, consequentemente, à eventual importância que a mesma poderá ter no contexto regional das massas de água da Orla Ocidental constituídas total ou parcialmente pelos grés do Cretácico inferior, pelo que se admite que reúne todas as condições que permitam recuperar a sua classificação como sistema aquífero ou, de acordo com as orientações da Diretiva Quadro da Água, corresponder a uma massa de água subterrânea.

De acordo com os resultados obtidos, e apesar dos constrangimentos ocorridos durante a realização dos trabalhos, nomeadamente a impossibilidade de acesso a várias captações, pensamos que foram cumpridos os objetivos propostos para a realização deste trabalho. Salienta-se no entanto que alguns aspetos não ficaram completamente esclarecidos no âmbito deste trabalho, quer por falta de informação quer por não constarem nos objetivos propostos. Pensamos por isso que o aprofundar do conhecimento nos pontos a seguir indicados levará a uma melhor compressão das características hidrogeológicas da área de estudo e, consequentemente, à elaboração de um modelo conceptual mais robusto.

Assim, para a elaboração deste modelo conceptual pensamos que será necessário um aprofundamento do estudo das características litológicas em profundidade, dado que apesar do número considerável de relatórios de sondagem consultados, existiram inúmeras dificuldades em estabelecer ligações entre as litologias identificadas em cada *log* e, consequentemente, em elaborar perfis geológicos mais pormenorizados. Esta situação, que se deveu à falta de rigor da maior parte dos relatórios de sondagem consultados, teve como principais consequências:

- Impossibilidade de definir com maior rigor a sequência litológica existente no extremo N da área de estudo junto da Lagoa de Óbidos;
- Dificuldade em definir a separação entre a base dos grés do Cretácico inferior e o topo da formação subjacente (grés do Jurássico superior), devido às semelhanças entre ambas, principalmente no setor SW da área de estudo;
- Impossibilidade de identificar em profundidade os níveis mais grosseiros, por vezes conglomeráticos, observados em afloramento, principalmente nas arribas.

Para a continuação deste estudo poderiam, por exemplo, realizar-se sondagens para um reconhecimento mais rigoroso das características litológicas, que poderiam ser transformadas em captações de água ou piezómetros. De modo a serem representativas da área de estudo, estas sondagens deveriam ser executadas em locais escolhidos de forma criteriosa, com vista também a abranger áreas onde exista, por exemplo, dificuldade em definir a profundidade do NHE.

Com estas captações e piezómetros, tornar-se-ia possível a realização de ensaios de caudal com medição de níveis nos piezómetros e não nas captações onde se efetuam os ensaios. A partir dos resultados obtidos com a análise destes ensaios poderíamos aferir com maior rigor os parâmetros hidráulicos do aquífero, em especial o coeficiente de armazenamento, que neste estudo foi apenas estimado em função do tipo de aquífero.

Com a obtenção desta informação, pensamos que seria possível definir com rigor um modelo conceptual do aquífero e, conseqüentemente, elaborar um modelo numérico que permita compreender as principais direções do escoamento subterrâneo, considerando também os volumes de exploração das captações de água subterrânea existentes.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, C.; Rodrigues, J.D. e Lopes, A.S. (1989) - "Interpretação automática de ensaios em patamares de caudal. I - Aspectos teóricos". Recursos Hídricos, revista da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, vol. 10, fasc. 1 a 3, p. 59-64.
- Almeida, C.; Mendonça, J.L.; Jesus M.R. e Gomes A.J. (2000) – Sistemas aquíferos de Portugal Continental. Instituto da Água, I.P.. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, 2000. 640 pp.
- Almeida, C. (2005) – Pumptest: Programa para interpretação automática de ensaios de bombeamento. Faculdade de Ciências da Univ. de Lisboa, Lisboa.
- APA (2013) – Intersig da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.: <http://intersig-web.inag.pt/intersig/>. (acedido em dezembro de 2013).
- ARH Centro (2012) – Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos Rios Vouga, Mondego e Lis, integrados na Região Hidrográfica 4. Parte 2 – Caracterização geral e diagnóstico. Caracterização das massas de água subterrânea. Administração de Região Hidrográfica do Centro, I.P. Ministério da agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Coimbra, 2011. 0 267pp.
- ARH Tejo (2011) – Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Relatório Síntese – Versão Extensa. Administração de Região Hidrográfica do Tejo, I.P.. Ministério da agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2011. 380 pp.
- ARH Tejo (2011a) – Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Relatório Síntese – Versão Extensa. Administração de Região Hidrográfica do Tejo, I.P. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2011. 380 pp.
- Azerêdo, A., Duarte, L., Henriques, M. & Manuppella, G. (2003) – Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. Cad. Geol. Portugal, Inst. Geol. Mineiro. Lisboa, 2003. 43pp.
- Azerêdo, A.; Cabral, J.; Freitas, M.C.; Andrade, C.; Silva, F.; Ferreira, T. e Ramos, R. (2006) – Estudo do património biológico e análise geológica e geomorfológica da região de Óbidos. Relatório no âmbito do "Projecto de investigação e estudo do património biológico e análise geológica e geomorfológica da região de Óbidos", com vista à candidatura da Vila de Óbidos a Património Mundial. Lisboa, 2006. 158pp.
- Bernardes, C. (1992) – A sedimentação durante o Jurássico superior entre o Cabo Mondego e o Baleal (Bacia Lusitana): modelos deposicionais e arquitetura sequencial. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do Grau de Doutor em Geologia. Universidade de Aveiro, 261 pp.
- Benedetti, M.; Haws, J.; Funk, C.; Daniels, J.; Hesp, P.; Bicho, N.; Minckley, T.; Ellwood, B.; Forman, S. (2009) – Late Pleistocene raised beaches of coastal Estremadura, central Portugal - Quaternary science reviews, Vol. 28, pp. 3428-3447.
- Bittencourt, A.V. e Hindi, E.C.H. (2000) – Tópicos de hidroquímica. In: Memória 3º curso Sudamericano sobre Evolución y Conservación de Acuíferos. Universidade Nacional de Assunción. Assunción.
- Cabral, J. (1995) – Neotectónica em Portugal Continental. Memórias do Instituto Geológico e Mineiro, n.º 31. Lisboa, 1995. 265 pp.

- Camarate França, J.; Zbyszewski, G. e Moitinho de Almeida, F. (1960) – Notícia Explicativa da Folha 26-C, Peniche, da Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50 000. Serviços geológicos de Portugal. Lisboa, 1960. 33 pp.
- Carreira, P.M.M. (1998) – Paleoáguas de Aveiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Doutor em Hidrogeologia. Aveiro, 1998. 377pp.
- Condeso de Melo, M.T. (2002) – Modelo matemático de fluxo e transporte de massa do sistema multiaquífero Cretácico da região de Aveiro (Portugal). Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Doutor em Geociências. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2002. 377pp.
- Condeça, J. (2004) – Modelação da Intrusão Salina no Setor Troia-Melides. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada. Lisboa, 2004. 343pp.
- Craig, H. (1961) – Isotopic variations in meteoric waters. Science, Vol. 133, Nº 3465, P. 1702-1703.
- Custodio, E. & Llamas, M. (1976) – Hidrologia Subterrânea, Tomo I, Vol. I e II, Ediciones Omega S.A., Barcelona, 2359 pp.
- Custodio, E. (1987) – Groundwater Problems in Coastal Aquifers, UNESCO, Paris.
- DGT (2013). Carta Administrativa Oficial de Portugal – versão 2013.0. Direção Geral do Território: http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal_caop/_caop_em_vigor/ (acedido em Dezembro de 2013).
- DRAOT-LVT (2001) – *Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Anexo Temático IV – Recursos Hídricos Subterrâneos*. Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território de Lisboa e Vale do Tejo. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2011. 291pp.
- Ferreira, A.I.A.J.V. (2008) – Espectrometria de massa de razões isotópicas. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Química, na especialidade de Química Analítica. Lisboa, 2008. 348pp.
- Ferreira, F. (2012) – Avaliação dos impactes das alterações climáticas nos aquíferos costeiros do concelho de Almada. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Aplicada, na especialidade de Hidrogeologia. Lisboa, 2012. 100pp.
- Fetter, C.W. (1994) – Applied Hydrogeology, ed. Prentice Hall, U.S.A., 691 pp.
- Franzblau, A. (1958) – “A primer of statistics for non-statisticians”. Oxford, England: Harcourt, Brace, Cap. 7.
- Freitas, M. C. (1989) – Lagoa de Óbidos. Morfosedimentogénese Aplicada. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada. Universidade de Lisboa. Lisboa, 1989. 239 pp.
- Geta, L.; Inglês, M.; Martínez, N.; Bonny, L. & González, R. (1988) – “Aspectos Metodológicos en el Estudio de la Intrusión Salina”, Instituto Geológico y Minero de España, 230 pp.
- Helgeson, H.; Brown, T. & Nigrini, A. (1970) – Calculation of mass transfer in geochemical processes involving aqueous solutions, Geochim. Et Cosmochim. Acta, Vol. 34, pp. 569-592.
- Henriques, V. (1996) - A faixa litoral entre Nazaré e Peniche: unidades geomorfológicas e dinâmica actual dos sistemas litorais. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do grau de Doutor em Geografia Física. Universidade de Évora. Évora, 1996. 575 pp.
- IGeoE (2003) – Carta Militar de Portugal Série M888, Folha 325-AB – Casais dos Covões (Óbidos) Instituto Geográfico do Exército, I.P. Lisboa, 2003.

- IGeoE (2004) – Carta Militar de Portugal Série M888, Folha 326 – Caldas da Rainha. Instituto Geográfico do Exército, I.P. Lisboa, 2004.
- IGeoE (2004a) – Carta Militar de Portugal Série M888, Folha 337 – Peniche. Instituto Geográfico do Exército, I.P. Lisboa, 2004.
- IGeoE (2004b) – Carta Militar de Portugal Série M888, Folha 338 – Óbidos. Instituto Geográfico do Exército, I.P. Lisboa, 2004.
- INAG (1997) – Definição, caracterização e cartografia dos sistemas aquíferos de Portugal Continental. Instituto da Água, I.P. Ministério do Ambiente. Lisboa, 1997. 236pp.
- INAG (2000) – Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Mondego. Anexo Temático IV – Recursos Hídricos Subterrâneos. Instituto da Água, I.P. Ministério do Ambiente. Lisboa, 2000. 268pp.
- INAG (2001) – Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Vouga. 1.^a Fase – Análise e Diagnóstico da Situação Atual. Anexo IV – Recursos Hídricos Subterrâneos. Instituto da Água, I.P. Ministério do Ambiente. Lisboa, 2001. 90pp.
- INAG (2009) – Estabelecimentos dos limiares nas águas subterrâneas. Departamento de Monitorização e Sistemas de Informação do Domínio Hídrico. Instituto da Água, I.P. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa, 2009. 261pp.
- Jacob, C. E. (1940) – On the flow of water in an elastic artesian aquifer. Am. Geophys. Union Trans., vol. 72, part II, p. 574-586.
- Kullberg, J. (2000) – A Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do Grau de Doutor em Geologia, na especialidade de Geologia Estrutural. Universidade Nova de Lisboa. Monte da Caparica, 2000. 280 pp.
- Kullberg, J.; Rocha, R.; Soares, A.; Rey, J.; Terrinha, P.; Capallez, P. e Martins, L. (2006) – A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, paleogeografia e tectónica. In Geologia de Portugal no contexto da Ibéria. Universidade de Évora. Évora, 2006. pp317-368.
- Manuppella, G.; Antunes, M.T.; Pais, J.; Ramalho, M.M. e Rey, J. (1999) – Notícia Explicativa da Folha 30-A, Lourinhã, da Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50 000. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, 1999. 93 pp.
- Oliveira, M.M. (2004). Recarga de águas subterrâneas: Métodos de avaliação. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia (Hidrogeologia). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp.
- Paralta, E.A. (1995) – Contribuição para o estudo hidrogeológico da Bacia de Ourém. Estágio profissionalizante em Geologia Aplicada e do Ambiente. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, 1995. 151pp.
- Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J. (1999) – User's guide to PHREEQC (version 2)--A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259, 312 p.
- Penacho, N. (2012) – Caracterização, evolução e análise de suscetibilidade à ocorrência de instabilidades das arribas do Arco Baleal – Bom Sucesso (Peniche-Óbidos). Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para obtenção do Grau de Mestre em Geologia de Engenharia. Universidade de Lisboa. Lisboa, 2012. 136pp.
- Rey, J.; Dinis, J. (2004) – “Shallow marine to fluvial Lower Cretaceous of central Portugal: sedimentology, cycles and controls” - Cretaceous and Cenozoic events in West Iberia margins, 23rd IAS Meeting of Sedimentology, Coimbra, Field Trip Guidebook, Vol. 2, pp. 22-35.

Ribeiro, A.; Antunes, M.; Ferreira, M.; Rocha, R.; Soares, A.; Zbyszewski, G.; Moitinho de Almeida, F.; Carvalho, D. e Monteiro, J. (1979) – Introduction à la géologie générale du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 1979. 114 pp.

Theis, C. V. (1935) – The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, p. 519-524.

Todd, D. (1959) – Hidrologia de água subterrâneas, Editora Edgard Blucher, São Paulo, 319 pp.

Zbyszewski, J.; Moitinho de Almeida, F. e Torre de Assunção, C. (1955) – Notícia explicativa da Folha 30-C, Torres Vedras. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, 1955. 33 pp.

Zbyszewski, G. (1959) – Etude Structurale de l'Aire Typhonique de Caldas da Rainha. Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal, n.º 3. Lisboa, 1959. 184 pp.

Zbyszewski, J. e Moitinho de Almeida, F. (1960) – Notícia explicativa da Folha 26-D, Caldas da Rainha. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, 1960. 55 pp.

Zbyszewski, J.; Veiga ferreira, O.; Manuppella, G. e Torre de assunção, C. (1966) – Notícia explicativa da Folha 30-B, Bombarral. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, 1966. 91 pp.

Zbyszewski, J.; Manuppella, G.; Veiga Ferreira, O.; Mouterde, R.; Ruget-Perrot, C. e Torre de Assunção, C. (1974) – Notícia explicativa da Folha 27-A, Ourém. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, 1974. 82 pp.

ANEXOS

ANEXO I – INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
1	-99459,3	-30355,5	28	204	90-175,35	31,27	26-03-2000	88,05	4	4	Rega
2	-98581,3	-29490,5	10	160	98-145	0	14-02-2002	20,95	6	6	Rega
3	-98448,3	-31213,5	28	150	-	-	-	-	-	-	Rega
4	-98788,3	-31450,5	36	200	-	-	-	-	-	-	-
5	-98968,3	-31070,5	45	200	-	-	-	-	-	-	-
6	-98648,3	-30800,5	39	200	-	-	-	-	-	-	-
7	-98586,3	-32275,5	50	150	-	-	-	-	-	-	Rega
8	-99168,3	-30960,5	40	120	64,35-120	34	02-12-2003	-	-	-	Rega
9	-99252,3	-30442,5	30	120	99,45-117	40	2002	-	-	1,9	Rega
10	-99228,3	-30800,5	35	120	76,5-87,75	40	12-11-2003	-	-	-	Rega
11	-99358,3	-30730,5	33	120	81,8-93,6	34	08-01-2004	-	-	-	Rega
12	-98678,3	-31680,5	38	90	-	-	-	-	-	-	Rega
13	-99480,3	-30761,5	40	79	68-78	59	23-12-2003	-	-	1,1	Rega
14	-99583,3	-30247,5	15	130	-	-	-	-	-	-	Rega
15	-99384,3	-30833,5	38	120	-	-	-	-	-	-	Rega
16	-99096,3	-30694,5	35	118	84-116	25	05-12-2003	85	1,6	1,25	Rega
17	-99210,3	-30428,5	32	120	87,75-93,6	40	2003	-	-	0,8	Rega
18	-99298,3	-30010,5	15	120	-	-	-	-	-	-	Rega
19	-99647,3	-30187,5	20	120	-	-	-	-	-	-	Rega

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
20	-99438,3	-30600,5	30	120	-	-	-	-	-	-	Rega
21	-99118,3	-30400,5	30	120	-	-	-	-	-	-	Rega
22	-99178,3	-30370,5	30	120	93,6-99,45	29	2003	-	-	0,8	Rega
23	-99428,3	-30820,5	35	120	-	-	-	-	-	-	Rega
24	-98958,3	-30200,5	30	120	-	-	-	-	-	-	Rega
25	-99078,3	-30500,5	40	120	87,75-117	38	19-02-2004	-	-	-	Rega
26	-99398,3	-30700,5	30	120	-	-	-	-	-	-	Rega
27	-99318,3	-30850,5	44	120	64,35-120	32	2004	-	-	-	Rega
28	-99088,3	-30460,5	40	120	-	-	-	-	-	-	Rega
29	-98938,3	-30690,5	40	120	76,05-111,5	28	03-03-2004	-	-	-	Rega
30	-96778,3	-30310,5	35	200	60-192	16,8	30-11-1995	96	9	8,333	Rega
31	-96718,3	-31180,5	20	200	60-192	21,6	19-11-1995	101	9	8,333	Rega
32	-97348,3	-30925,5	40	40	-	-	-	-	-	2,7	Atividade Industrial
33	-97758,3	-31710,5	38	55	-	-	-	-	-	2,08	Água para Consumo Humano e Atividade Industrial
34	-98558,3	-30900,5	30	200	-	-	-	-	-	-	-
35	-98788,3	-30450,5	30	200	-	-	-	-	-	-	-
36	-99202,3	-30065,5	20	120	-	-	-	-	-	-	Rega
37	-99405,3	-30618,5	30	120	-	-	-	-	-	-	Rega
38	-98537,3	-29574,5	9	4	-	-	-	-	-	-	Rega
39	-99381,3	-30877,5	37	80	-	-	-	-	-	-	Rega
40	-99709,3	-30304,5	18	90	-	20	-	55	1,6	-	Rega
41	-99339,3	-30764,5	35	85	-	40	27-05-2009	60	1,7	0,8	Rega
42	-99102,3	-31052,5	49	80	-	-	-	-	-	-	Rega
43	-99186,3	-30331,5	33	130	-	-	-	-	-	-	Rega
44	-99583,3	-30336,5	28	120	-	-	-	-	-	-	Rega

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
45	-99492,3	-30495,5	38	100	-	-	-	-	-	-	Rega
46	-99270,3	-30389,5	23	140	-	-	-	-	-	-	Rega
47	-99210,3	-30029,5	20	140	-	-	-	-	-	-	Rega
48	-99681,3	-30240,5	15	120	-	-	-	-	-	-	Rega
49	-99252,3	-30342,5	25	120	-	-	-	-	-	-	Rega
50	-99145,3	-30369,5	30	140	-	-	-	-	-	-	Rega
51	-98737,3	-31561,5	37	200	-	-	-	-	-	-	Rega
52	-98384,3	-29602,5	8	3,5	-	-	-	-	-	-	Rega
53	-97833,3	-31438,5	18	55	38-54	9	28-12-2005	32	1,388	1,1	Água para Consumo Humano e Atividade Industrial
54	-98925,3	-29771,5	23	206,5	80,15-197,15	29	19-09-2005	99,1	5	5	-
55	-98686,3	-30158,5	22	250	-	-	-	-	-	-	-
56	-98648,3	-29856,5	18	250	-	-	-	-	-	-	-
57	-98278,3	-32017,5	41	200	-	-	-	-	-	-	Rega
58	-98522,3	-32142,5	52	120	-	-	-	-	-	-	Rega
59	-98267,3	-29159,5	28	203	128-200	38,1	26-06-2006	78,22	10	8	-
60	-98340,3	-29496,5	6	205	98,81-196	20,45	20-09-2006	82,55	8	7	-
61	-97230,3	-31947,5	60	200	-	-	-	-	-	-	Rega
62	-98482,4	-29331,0	28	120	-	-	-	-	-	-	Rega
63	-96579,3	-33457,4	55	140	-	-	-	-	-	-	-
64	-97818,3	-31387,5	22	8	-	-	-	-	-	-	Actividade Industrial
65	-97940,3	-31734,5	20	8	-	-	-	-	-	-	Actividade Industrial
66	-97297,3	-33346,5	50	150	-	-	-	-	-	-	Rega
67	-99216,3	-30379,5	-	19,5	-	-	-	-	-	-	Rega
68	-99238,3	-30340,5	-	19,5	-	-	-	-	-	-	Rega
69	-99389,3	-30692,5	-	19,5	-	-	-	-	-	-	Rega

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
70	-98985,3	-30435,5	38	100	-	-	-	-	-	-	Rega
71	-99534,3	-30346,5	22	130	-	-	-	-	-	-	Rega
72	-99266,3	-30298,5	22	19,5	-	-	-	-	-	-	Rega
73	-99277,3	-30198,5	20	150	-	-	-	-	-	-	Rega
74	-99279,3	-30348,5	20	19	-	-	-	-	-	-	Rega
75	-98958,3	-29941,5	25	130	-	-	-	-	-	-	Rega
76	-99166,3	-30111,5	22	150	-	-	-	-	-	-	Rega
77	-99140,3	-30371,5	-	150	-	-	-	-	-	-	Rega
78	-99272,3	-30397,5	-	150	-	-	-	-	-	-	Rega
79	-99718,3	-30414,5	25	150	-	-	-	-	-	-	Rega
80	-99674,3	-30202,5	12	150	-	-	-	-	-	-	Rega
81	-99590,3	-30436,5	28	200	-	-	-	-	-	-	Rega
82	-99618,3	-30374,5	25	133	-	-	-	-	-	1,1	Rega
83	-99226,3	-30121,5	21	130	-	-	-	-	-	-	Rega
84	-99501,3	-30363,5	28	150	-	-	-	-	-	-	Rega
85	-99672,3	-30364,5	21	136	-	-	-	-	-	0,83	Rega
86	-99653,3	-30311,5	-	150	-	-	-	-	-	-	Rega
87	-99657,3	-30336,5	17	136	-	-	-	-	-	0,83	Rega
88	-99165,3	-31261,5	-	150	-	-	-	-	-	-	Rega
89	-99077,3	-30507,5	40	150	-	-	-	-	-	-	Rega
90	-99292,3	-31013,5	-	150	-	-	-	-	-	-	Rega
91	-98980,3	-31138,5	-	150	-	-	-	-	-	-	Rega
92	-98110,3	-29659,5	21	150	-	-	-	-	-	-	-
93	-99396,3	-30660,5	35	70	-	-	-	-	-	-	-
94	-98906,3	-29855,5	17	150	-	-	-	-	-	-	-

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
95	-99262,3	-30002,5	21	150	-	-	-	-	-	-	-
96	-98764,3	-31939,5	53	200	-	-	-	-	-	-	-
97	-99710,3	-30254,5	18	-	-	-	-	-	-	-	-
98	-99203,3	-30154,5	22	140	-	-	-	-	-	-	-
99	-99049,3	-30087,5	24	128	-	-	-	-	-	1,67	-
100	-98267,3	-29205,5	22	153	-	-	-	-	-	1,66	-
101	-99672,3	-30444,5	36	120	-	-	-	-	-	-	-
102	-99204,3	-30182,5	36	120	-	-	-	-	-	-	-
103	-98058,3	-29757,5	39	120	-	-	-	-	-	-	-
104	-99537,3	-30259,5	20	130	-	-	-	-	-	1,11	-
105	-94518,3	-31270,5	25	80	64-74	56	07-11-2002	-	-	1,1	Rega
106	-94068,4	-27950,5	10	80	68-78	-	12-03-2003	-	1,1	1,1	Rega
107	-98423,3	-29225,5	7	200	-	-	-	-	-	-	Rega
108	-98623,3	-31100,5	35	200	-	-	-	-	-	-	-
109	-99198,3	-31160,5	52	200	-	-	-	-	-	-	Rega
110	-98968,3	-31690,5	45	200	-	0	-	0	0	3,2	Rega
111	-94180,4	-27976,5	10	84	31-80	28	17-10-1997	45	1,389	0,778	Rega
112	-94418,4	-26970,5	18	80	39-79	28	27-10-1997	35	0,833	0,611	Rega
113	-94673,4	-26850,5	28	78	31-72	17	12-12-1997	45	1	0,611	Rega
114	-94623,4	-26750,5	20	78	31-72	17	19-12-1997	45	1	0,611	Rega
115	-94258,4	-27954,5	6	169	130-160	45	11-08-2000	85	1,66	0,83	Rega
116	-94212,4	-27753,5	28	60	31-58	17	14-04-2000	25	1,111	1,111	Rega
117	-94407,4	-26790,5	10	100	-	-	-	-	-	-	Rega
118	-94038,4	-27880,5	20	100	-	-	-	-	-	-	Rega
119	-94245,4	-27725,5	30	45	20-40	14	23-06-2001	16,6	2,22	1,1	Rega

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
120	-94498,3	-31250,5	30	80	64-74	59	14-05-2002	-	-	1,11	Rega
121	-94448,3	-30350,5	26	150	-	-	-	-	-	-	Rega
122	-95149,4	-26998,5	55	80	68-78	-	23-07-2004	-	-	1,1	Rega
123	-95003,4	-26611,5	25	44	36-42	10	08-04-2004	35	6,7	1,1	Rega
124	-94673,3	-30625,5	25	140	60-130	12	27-09-2004	-	-	2,222	Rega
125	-95088,4	-26910,5	55	100	73-100	20	07-12-1996	0	2,7	-	Rega
126	-94342,4	-28044,5	50	116	62-114	25	12-05-2004	45	1	0,833	Rega
127	-96115,6	-31201,1	75	195	118-189	47,5	02-09-2005	116,5	7,2	6	Rega
128	-94993,4	-26450,5	50	80	-	-	-	-	-	-	Rega
129	-94298,4	-27992,5	50	80	-	-	-	-	-	-	Rega
130	-94300,4	-27856,5	41	60	36-57	6	27-08-2004	40	1,6	1,1	Rega
131	-95232,5	-30764,7	61,7	200	105-191	46,8	-	92	5	5	Rega
132	-94461,6	-30782,5	26,1	190	87,15-177	12,97	-	86	8	7	Rega
133	-94784,2	-30938,8	41	210	84,5-201,5	27,4	-	68,3	10	8	Rega
134	-95335,6	-31841,9	70,8	236	104-227	53,1	-	91,34	5	5	Rega
135	-95975,3	-31922,8	99	250	104,95-239,5	66,3	28-12-2005	101,8	4	4	Rega
136	-96559,1	-31916,2	95,4	245	107-233	63,1	13-09-2006	96	3	3	Rega
137	-96588,7	-31121,7	61	202	112-198	22	10-05-2005	60	6,3	7	Rega
138	-95166,5	-31102,3	58,4	195	107,5-163,4	37,65	-	106	3,5	3,5	Rega
139	-94196,4	-27781,5	36	80	48-79	23	2004-12-21	35	1	0,555	Rega
140	-93994,4	-27776,5	15	80	-	-	-	-	-	-	Rega
141	-93718,4	-28110,5	15	80	-	-	-	-	-	-	Rega
142	-93673,4	-28105,5	15	80	-	-	-	-	-	-	Rega
143	-94949,4	-26502,5	6	80	68-78	59	02-11-2005	-	-	-	Rega
144	-93498,4	-28500,5	15	80	-	-	-	-	-	-	Rega

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
145	-93919,4	-27736,5	15	80	-	-	-	-	-	-	Rega
146	-94708,4	-27110,5	30	105	-	-	-	-	-	0,694	Rega
147	-94360,4	-27970,5	35	100	-	-	-	-	-	-	Rega
148	-96100,3	-30591,5	78	254	128-250	63,7	16-05-2006	112	6	6	Rega
149	-95724,3	-30881,5	87	248	122,13-236,30	72,5	20-12-2006	107,95	6	6	Água para Consumo Humano
150	-96608,3	-30546,5	69	250	122,13-244,56	47,2	13-04-2006	92,2	10	10	Rega
151	-96869,3	-30850,5	60	248	116,3-221,24	46,4	23-10-2006	86,25	6	6	Rega
152	-94976,4	-26543,5	22	100	-	-	-	-	-	-	Rega
153	-94602,3	-33885,4	72	200	-	-	-	-	-	-	Rega
154	-94369,4	-30227,5	28	200	-	-	-	-	-	-	Rega
155	-97013,3	-30987,5	34	250	-	-	-	-	-	-	Rega
156	-97054,3	-30513,5	80	250	-	-	-	-	-	-	Rega
157	-97107,3	-31731,5	92	250	-	-	-	-	-	-	Rega
158	-96975,2	-30523,1	83,9	270	-	-	-	-	-	-	Rega
159	-96692,3	-31452,5	62	250	-	-	-	-	-	-	Rega
160	-94956,4	-26580,5	25	100	-	-	-	-	-	-	Rega
161	-93922,4	-27678,5	10	100	-	-	-	-	-	-	Rega
162	-93907,4	-27762,5	-	100	-	-	-	-	-	-	-
163	-94289,3	-30538,5	22	-	-	-	-	-	-	-	Rega
164	-94715,4	-27003,5	40	80	31-72	17	15-09-1998	45	-	0,278	Rega
165	-94346,3	-30453,5	25	120	66-102	14	12-1999	28	1,5	1,667	Rega
166	-96378,3	-28235,5	50	250	-	-	-	-	-	-	Rega
167	-95514,4	-27932,5	60	250	-	-	-	-	-	-	Rega
168	-95177,4	-28135,5	98	250	-	-	-	-	-	-	Rega
169	-94853,4	-28488,5	70	250	-	-	-	-	-	-	Rega

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
170	-94539,4	-28486,5	50	250	-	-	-	-	-	-	Rega
171	-96580,3	-28714,5	85	250	-	-	-	-	-	-	Rega
172	-95972,3	-28023,5	46	250	-	-	-	-	-	-	Rega
173	-94689,4	-28211,5	50	250	-	-	-	-	-	-	Rega
174	-94997,4	-27824,5	70	250	-	-	-	-	-	-	-
175	-94287,4	-30430,5	24	200	-	-	-	-	-	-	-
176	-94168,4	-27722,5	23	60	-	-	-	-	-	-	Rega
177	-94174,4	-27940,5	30	60	-	-	-	-	-	-	Rega
178	-94653,4	-27024,5	41	100	-	-	-	-	-	-	Rega
179	-94079,4	-27668,5	16	100	-	-	-	-	-	-	Rega
180	-99278,0	-30196,0	29	121	81-115	-	-	-	-	0,8	Rega
181	-99227,0	-30119,0	-	148	-	-	-	-	-	1,1	Rega
182	-99266,0	-30395,0	-	143	-	-	-	-	-	1,1	Rega
183	-99141,0	-30369,0	-	143	-	-	-	-	-	0,3	Rega
184	-94628,0	-26799,7	-	78	-	-	-	-	-	0,6	Rega
185	-94080,0	-27666,0	14	92	57-86	12	-	40	2,2	1	Rega
186	-94654,0	-27022,0	41	98	54-89	28	-	65	1	0,8	Rega
187	-98003,3	-34172,4	72	200	-	-	-	-	-	-	Rega
188	-99412,3	-31029,5	-	120	-	-	-	-	-	-	Rega
189	-99577,3	-31121,5	-	250	-	-	-	-	-	-	Rega
190F	-100200,3	-30668,5	9	130	-	-	-	-	-	-	Rega
191	-99447,3	-31479,5	38	180	-	-	-	-	-	-	Rega
190P	-100238,3	-30678,8	-	5	-	-	-	-	-	-	Rega
Nascente	-95860,4	-26946,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 (SM17)	-98746,9	-32880,6	60	175	56-168	0	30-03-1992	52,34	4,3	4,3	Abastecimento público

ID	M (m)	P (m)	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	NHE (m)	Data medição	NHD (m)	Q ensaio (l/s)	Q exploração (l/s)	Finalidade
8 (SM18)	-98654,8	-32482,7	50	175	54-162	10,6	01-04-1992	60,3	8,8	8,8	Abastecimento público
11 (JK2)	-96236,52	-28779,7	69	212,55	72-195	38,7	04-04-1987	57,97	12,2	12,2	Abastecimento público
12 (SP2)	-99072,8	-31220,4	45	206	72-204	12,5	05-08-1994	84	8	8	Abastecimento público
13 (RA1)	-99159,8	-31164,4	50	200	110,7-118,1	68,25	01-06-2000	109,5	4	4	Abastecimento público
14 (RA2)	-98844,8	-31603,4	50	196	75,6-174,2	9,15	13-07-2000	110,1	3	3	Abastecimento público
15 (RA3)	-98553,8	-31275,4	50	174	108-152	3,5	21-12-2001	102,7	3,4	3,4	Abastecimento público
16 (RA4)	-98842,8	-31332,4	50	190	94-175	12,25	15-10-2001	106,7	2	2	Abastecimento público
17 (RA5)	-95363,6	-28588,6	100	228	120-222	83,6	05-04-2003	114	8	8	Abastecimento público
18 (RA6)	-95942,13	-28750,4	75	210	81-198	43	13-08-1996	66,82	13,3	13,3	Abastecimento público

ANEXO II – HISTÓRICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS SM DE PENICHE

Captação ID7 (SM17)										
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas								
		Jan-2011	Abr-2011	Jul-2011	Out-2011	Jan-2012	Abr-2012	Jul-2012	Out-2012	Jan-2013
pH	Escala de Sorensen	8,2	7,8	6,6	7,7	7,9	7,9	7,8	7,3	8
Cor	mg/L PtCo	<8,0 (LQ)	<8,0 (LQ)	5	10	<5 (LQ)	5	5	<5,0 (LQ)	<5,0 (LQ)
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	4,8	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)
Temperatura	°C	20	18	21	20	18	19	18	18	20
Condutividade	uS/cm (a 20°C)	630	520	600	690	650	700	700	690	660
Cheiro	Taxa de diluição	Não detetado	1	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)
Nitratos	mg NO3-/L	36	16	<0,4 (LQ)	1,3	<1,0 (LQ)	3,1	2,8	9,3	<1,0 (LQ)
Cloretos	mg CL-/L	88	93	94	160	96	97	100	100	95

Captação ID7 (SM17)										
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas								
		Jan-2011	Abr-2011	Jul-2011	Out-2011	Jan-2012	Abr-2012	Jul-2012	Out-2012	Jan-2013
Fosfatos	mg/ P2SO5	0,22	0,3	0,32	0,27	0,3	0,23	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	0,18
Carência química de oxigênio	mg/L	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LQ)	<8,0 (LQ)
Oxigênio dissolvido	% saturação O2	16	34	21	20	25	83	<20,0 (LQ)	31	63
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5)	mg O2/L	<2,0 (LQ)	2	2	2	2	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)
Amônio	mg/L NH4	<0,05 (LD)	<0,05 (LD)	<0,05 (LD)	<0,05 (LD)	<0,1 (LD)	<0,1 (LD)	-	-	-
Bactérias coliformes	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes termotolerantes	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferro dissolvido	mg Fe/L	<0,06 (LQ)	-	<0,06 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	0,01	-	0,01
Manganês	mg Mn/L	0,01	-	<0,005 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	0,01	-	0,01
Cobre	mg/L Cu	<0,025 (LQ)	<0,025 (LQ)	0,025 (LQ)	<0,025 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)
Zinco	mg/L	<0,05 (LQ)	-	<0,013 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	0,02	-	<0,01 (LQ)
Sulfatos	mg SO4/L	<15 (LQ)	-	15	-	20	-	23	-	17
Fenóis	mg/L	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)
Azoto Kjeldhal	mg NH4+/L	1,6	-	1,2	-	1,2	-	<0,5 (LD)	-	<0,5 (LD)
Enterococos	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Substâncias tensoativas aniônicas	mg MBAS/L	<0,1 (LQ)	-	<0,1 (LQ)	-	<0,1 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	<0,1 (LQ)
Fluoretos	mg F/L	0,2	-	-	-	0,3	-	-	-	<0,1 (LQ)
Boro	mg/L	<0,2 (LQ)	-	-	-	0,07	-	-	-	0,08
Arsênio	mg/L	0,002	-	-	-	0,008	-	-	-	0,002
Cádmio	mg/L	<0,0005 (LQ)	-	-	-	<0,0005 (LQ)	-	-	-	<0,0005 (LQ)
Crômio total	mg/l	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)
Chumbo	mg/L	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	0,02	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)
Cianetos	mg/L	<0,015 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)

Captação ID7 (SM17)										
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas								
		Jan-2011	Abr-2011	Jul-2011	Out-2011	Jan-2012	Abr-2012	Jul-2012	Out-2012	Jan-2013
Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsion.	mg/L	<0,05 (LQ)	-	-	-	<0,05 (LQ)	-	-	-	<0,05 (LQ)
Pesticidas totais	ug/L	<0,05 (LQ)	-	-	-	<0,05	-	-	-	<0,05
Sub. extraíveis com clorofórmio	-	0,1	-	-	-	<0,1 (LQ)	-	-	-	<0,1 (LQ)
Salmonella	-	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Selênio	mg/L	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,001 (LQ)
Bário	mg Ba/L	0,17	-	-	-	0,14	-	-	-	0,15
Mercurio	mg Hg/L	0,0004	-	-	-	<0,0003 (LQ)	-	-	-	<0,0003
Clostridium pertfringens (inclui esporos)	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	ug/L	<0,002 (LQ)	-	-	-	<0,06 (LQ)	-	-	-	<0,06

Captação ID8 (SM18)										
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas								
		Jan-2011	Abr-2011	Jul-2011	Out-2011	Jan-2012	Abr-2012	Jul-2012	Out-2012	Jan-2013
pH	Escala de Sorensen	7,2	6,6	7,7	6,7	6,8	6,9	6,7	6,6	7,1
Cor	mg/L PtCo	<8,0 (LQ)	<8,0 (LQ)	5	<5,0 (LQ)	<5,0 (LQ)	5	5	<5,0 (LQ)	<5,0 (LQ)
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)
Temperatura	°C	20	19	21	20	19	20	20	19	20
Condutividade	uS/cm (a 20°C)	450	390	460	530	500	510	490	550	450
Cheiro	Taxa de diluição	Ausência	1	<1 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)	<1,0 (LQ)
Nitratos	mg NO3-/L	30	17	<0,4 (LQ)	<0,4 (LQ)	1,2	3,1	1,6	2,6	<1,0 (LQ)
Cloretos	mg CL-/L	91	120	100	180	79	110	110	100	91
Fosfatos	mg/ P2SO5	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)	<0,14 (LQ)
Carência química de oxigênio	mg/L	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LD)	<8,0 (LQ)	<8,0 (LD)

Captação ID8 (SM18)										
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas								
		Jan-2011	Abr-2011	Jul-2011	Out-2011	Jan-2012	Abr-2012	Jul-2012	Out-2012	Jan-2013
Oxigênio dissolvido	% saturação O2	36	46	27	20	23	86	26	30	57
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5)	mg O2/L	<2,0 (LQ)	2	2	2	2	2	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)	<2,0 (LQ)
Amônio	mg/L NH4	<0,05 (LD)	<0,05 (LD)	<0,05 (LD)	<0,05 (LD)	<0,1 (LQ)	<0,01 (LD)	-	-	-
Bactérias coliformes	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes termotolerantes	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferro dissolvido	mg Fe/L	<0,06 (LQ)	-	<0,06 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	0,01	-	<0,01 (LQ)
Manganês	mg Mn/L	0,07	-	<0,005 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	<0,01 (LQ)
Cobre	mg/L Cu	<0,025 (LQ)	<0,025 (LQ)	<0,025 (LQ)	<0,025 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)	<0,01 (LQ)
Zinco	mg/L	<0,05 (LQ)	-	<0,013 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	<0,01 (LQ)	-	<0,01 (LQ)
Sulfatos	mg SO4/L	<15 (LQ)	-	<15 (LQ)	-	17	-	17	-	<15 (LQ)
Fenóis	mg/L	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)	-	<0,001 (LQ)
Azoto Kjeldhal	mg NH4+/L	1,4	-	0,7	-	1,2	-	1,1	-	<0,5 (LD)
Enterococos	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Substâncias tensoativas aniônicas	mg MBAS/L	0,1	-	<0,1 (LQ)	-	0,1 (LQ)	-	<0,1 (LQ)	-	<0,1 (LQ)
Fluoretos	mg F/L	0,1	-	-	-	0,1 (LQ)	-	-	-	<0,1 (LQ)
Boro	mg/L	<0,2 (LQ)	-	-	-	<0,03 (LQ)	-	-	-	<0,3 (LQ)
Arsênio	mg/L	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,001 (LQ)
Cádmio	mg/L	<0,0005 (LQ)	-	-	-	<0,0005 (LQ)	-	-	-	<0,0005 (LQ)
Crômio total	mg/l	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)
Chumbo	mg/L	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,01	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)	<0,002 (LQ)
Cianetos	mg/L	<0,015 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)	-	-	-	<0,01 (LQ)
Hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsion.	mg/L	<0,05 (LQ)	-	-	-	<0,05 (LQ)	-	-	-	<0,05 (LQ)
Pesticidas totais	ug/L	<0,015 (LQ)	-	-	-	<0,05	-	-	-	<0,05 (LQ)

Captação ID8 (SM18)										
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas								
		Jan-2011	Abr-2011	Jul-2011	Out-2011	Jan-2012	Abr-2012	Jul-2012	Out-2012	Jan-2013
Sub. extraíveis com clorofórmio	-	<0,1 (LQ)	-	-	-	<0,1 (LQ)	-	-	-	<0,1 (LQ)
Salmonella	-	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Selênio	mg/L	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,001 (LQ)	-	-	-	<0,001 (LQ)
Bário	mg Ba/L	0,22	-	-	-	0,21	-	-	-	0,21
Mercurio	mg Hg/L	<0,0003 (LQ)	-	-	-	<0,0003 (LQ)	-	-	-	<0,0003 (LQ)
Clostridium pertfringens (inclui esporos)	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	-	0	0
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	ug/L	<0,002 (LQ)	-	-	-	<0,06 (LQ)	-	-	-	<0,06 (LQ)

ANEXO II – HISTÓRICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CM ÓBIDOS

Captação ID12 (SP2)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Fev-2011	Mai-2011	Ago-2011	Nov-2011
Escherichia Coli (E. Coli)	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5)	mg O2/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Azoto Amoniacal	mg NH4+/L	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)
Condutividade	uS/cm (a 20°C)	761	650	501	620
Manganês	mg Mn/L	0,039	0,022	0,008	0,017
Nitratos	mg NO3-/L	5,6	3,2	2,5	2,6
Nitritos	mg NO2/L	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)

Captação ID12 (SP2)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Fev-2011	Mai-2011	Ago-2011	Nov-2011
Oxidibilidade	mg O2/L	0,8	1	<0,8 (l.q.)	<0,8 (l.q.)
Cheiro	Taxa de diluição	1	1	2	1
Ferro	mg Fe/L	0,03	0,02	0,03	0,01
Cloretos	mg CL-/L	154	147	115	138
Enterococos Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Fluoretos	mg F/L	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)
Carbono Orgânico Total (TOC)	mg C/L	1,8	<1,0 (l.q.)	<1,0 (l.q.)	1,7
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Sulfatos	mg SO4/L	54	30	20	27

Captação ID14 (RA2)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Fev-2011	Mai-2011	Ago-2011	Nov-2011
Escherichia Coli (E. Coli)	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5)	mg O2/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Azoto Amoniacal	mg NH4+/L	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)
Condutividade	uS/cm (a 20°C)	924	854	932	998
Manganês	mg Mn/L	0,178	0,004	0,002	0,004
Nitratos	mg NO3-/L	<1,0 (l.q.)	<1,0 (l.q.)	1,9	<1,0 (l.q.)
Nitritos	mg NO2/L	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)
Oxidibilidade	mg O2/L	0,9	1,1	<0,8 (l.q.)	<0,8 (l.q.)

Captação ID14 (RA2)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Fev-2011	Mai-2011	Ago-2011	Nov-2011
Cheiro	Taxa de diluição	1	1	1	1
Ferro	mg Fe/L	0,01	<0,005 (l.q.)	0,02	0,01
Cloretos	mg CL-/L	231	190	207	216
Enterococos Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Fluoretos	mg F/L	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)
Carbono Orgânico Total (TOC)	mg C/L	<1,0 (l.q.)	<1,0 (l.q.)	1	2,2
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Sulfatos	mg SO4/L	18	16	17	15

Captação ID15 (RA5)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Fev-2011	Mai-2011	Ago-2011	Nov-2011
Escherichia Coli (E. Coli)	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5)	mg O2/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Azoto Amoniacal	mg NH4+/L	<0,05 (l.q.)	0,21	0,07	0,18
Condutividade	uS/cm (a 20°C)	1090	1320	1120	1350
Manganês	mg Mn/L	0,286	0,266	0,347	0,29
Nitratos	mg NO3-/L	1,9	<1,0 (l.q.)	<1,0 (l.q.)	<1,0 (l.q.)
Nitritos	mg NO2/L	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)
Oxidibilidade	mg O2/L	0,9	<0,8 (l.q.)	<0,8 (l.q.)	0,9
Cheiro	Taxa de diluição	1	1	1	1

Captação ID15 (RA5)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Fev-2011	Mai-2011	Ago-2011	Nov-2011
Ferro	mg Fe/L	0,2	0,07	0,05	0,24
Cloretos	mg CL-/L	290	380	290	380
Enterococos Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Fluoretos	mg F/L	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)	<0,4 (l.q.)
Carbono Orgânico Total (TOC)	mg C/L	1,2	1	<1,0 (l.q.)	2,9
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Sulfatos	mg SO4/L	27	25	22	23

Captação ID17 (RA7)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Mar-11	Jun-11	Out-11	Dez-11
Escherichia Coli (E. Coli)	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Totais	UFC/100ml	0	0	0	0
Coliformes Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5)	mg O2/L	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)	<3,0 (l.q.)
Azoto Amoniacal	mg NH4+/L	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)	<0,05 (l.q.)
Condutividade	uS/cm (a 20°C)	219	250	251	246
Manganês	mg Mn/L	0,002	<0,001 (l.q.)	<0,001 (l.q.)	0,002
Nitratos	mg NO3-/L	4,6	2,5	3	3,9
Nitritos	mg NO2/L	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)	<0,30 (l.q.)
Oxidabilidade	mg O2/L	<0,8 (l.q.)	<0,8 (l.q.)	<0,8 (l.q.)	<0,8 (l.q.)
Cheiro	Taxa de diluição	1	1	1	1
Ferro	mg Fe/L	0,006	0,008	<0,005 (l.q.)	0,005

Captação ID17 (RA7)					
Parâmetro	Unidades	Data das campanhas			
		Mar-11	Jun-11	Out-11	Dez-11
Cloretos	mg CL-/L	58	64	66	67
Enterococos Fecais	UFC/100ml	0	0	0	0
Fluoretos	mg F/L	<0,4 (l.q)	<0,4 (l.q)	<0,4 (l.q)	<0,4 (l.q)
Carbono Orgânico Total (TOC)	mg C/L	<1,0 (l.q)	<1,0 (l.q)	<1,0 (l.q)	1,1
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	<3,0 (l.q)	<3,0 (l.q)	<3,0 (l.q)	<3,0 (l.q)
Sulfatos	mg SO4/L	7,3	8	8,1	8,6